

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2002-520674

(P2002-520674A)

(43) 公表日 平成14年7月9日 (2002.7.9)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 2 C 7/02

識別記号

F I

G 0 2 C 7/02

テマコード* (参考)

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 77 頁)

(21) 出願番号 特願2000-560480 (P2000-560480)
(86) (22) 出願日 平成11年5月26日 (1999.5.26)
(85) 翻訳文提出日 平成12年5月1日 (2000.5.1)
(86) 国際出願番号 P C T / A U 9 9 / 0 0 3 9 9
(87) 国際公開番号 W O 0 0 / 0 4 4 1 4
(87) 国際公開日 平成12年1月27日 (2000.1.27)
(31) 優先権主張番号 P P 4 7 4 8
(32) 優先日 平成10年7月17日 (1998.7.17)
(33) 優先権主張国 オーストラリア (A U)
(31) 優先権主張番号 0 9 / 2 2 3 , 0 0 6
(32) 優先日 平成10年12月30日 (1998.12.30)
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 ソーラ インターナショナル ホールディ
ングス リミテッド
オーストラリア国 サウス オーストラリ
ア 5160 ロンスデイル シェリフス ロ
ード (番地なし)
(72) 発明者 モリス, マイケル・アラン
アメリカ合衆国, 95401 カリフォルニア
州, サンタ・ローザ, オールド・ランチ・
プレイス, 2227
(74) 代理人 弁理士 深見 久郎 (外5名)

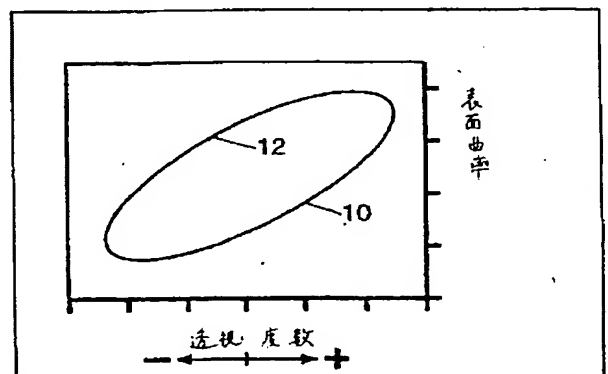
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学レンズ

(57) 【要約】

アイウェアに取付けるよう適合されたレンズ素子を提供する。

【解決手段】 レンズ素子は約35mm未満の曲率半径を有する球状面を有し、上記レンズ素子は、レンズ素子の曲率中心が目の回転中心に置かれるように適合され、レンズ素子は前方向の視線から側頭方向に55°よりも大きな視界を提供するよう十分に大きい。



「チルト=7°」 横切

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 アイウェアに取付けるように適合されたレンズ素子であって、前記レンズ素子は約 3.5 mm 未満の曲率半径を有する球状面を有し、前記レンズ素子は、前記レンズ素子の曲率中心が目の回転中心に置かれるように位置づけられるように適合され、前記レンズ素子は前方向の視線から側頭方向に 5.5° よりも広い視界を提供するよう十分に大きい、レンズ素子。

【請求項 2】 前記レンズ素子が、少なくともおよそ +2 D から -2 D である透視度数と、およそ同じ曲率半径とを有する一連のレンズ素子から選択された単一視野レンズ素子である、請求項 1 に記載のレンズ素子。

【請求項 3】 一連の眼科レンズ素子であって、前記各レンズ素子は、使用位置において目の回転中心とおよそ同心状に配置された球状表面と、2.5 mm から 50 mm \pm 約 1 mm の範囲において前記一連のものに関して選択された本質的に 1 つの値である、およそ同じ曲率とを有し、前記一連のレンズ素子はさまざまな共通の処方透視度数を有する、一連の眼科レンズ素子。

【請求項 4】 前記レンズ素子が、少なくともおよそ +4 D から -6 D までの透視度数を有する、請求項 3 に記載の一連の眼科レンズ素子。

【請求項 5】 前記一連のレンズ素子が、裏面を有するレンズブランクまたはエッジ加工されたレンズであり、これにより、前記レンズ素子には処方された非点収差矯正と透視度数とが付与される、請求項 3 または 4 に記載の一連の眼科レンズ素子。

【請求項 6】 前記裏面がバレルトロイドとドーナツトロイドとの間にあり、前記バレルトロイドおよびドーナツトロイドはいずれも、同じ主メリジアンと、前記主メリジアンに沿った同じ度数とを有する、請求項 3 から 5 のいずれかに記載の一連の眼科レンズ素子。

【請求項 7】 前記主メリジアンからずれた任意の点にある前記裏面の面非点収差が、前記同じ点におけるバレルトロイドまたはドーナツトロイドの前記面非点収差のうち大きい方よりも小さい、請求項 6 に記載の一連の眼科レンズ素子。

【請求項 8】 前記裏面が、前記裏面の任意の点における前方平行面からの

(3)

前記レンズ素子の面高さ Z が、バレルトロイド Z_B の高さと、前記ドーナツトロイドの高さとを直線状に組合せたものであり、 Z は Z_B および Z_T の値によって制限される、請求項 5 に記載の一連の眼科レンズ素子。

【請求項 9】 前記バレルトロイドおよび前記ドーナツトロイドの各々が、使用者のシリンダ処方によって規定される主メリジアンを有する、請求項 6 から 8 のいずれかに記載の一連の眼科レンズ素子。

【請求項 10】 任意のメリジアンに沿った前記レンズ素子の裏面の断面が円形である、請求項 5 に記載の一連の眼科レンズ素子。

【請求項 11】 前記各円形メリジアンの曲率が、処方によって付与される従来のトーラスの中心における、対応するメリジアンの瞬間曲率に等しい、請求項 10 に記載の一連の眼科レンズ素子。

【請求項 12】 前記裏面の非点収差矯正が面高さ関数 $z(r, \theta)$ によって与えられ、

【数 1】

$$z(r, \theta) = R(\theta) - \sqrt{R(\theta)^2 - r^2}$$

であり、ただし

$$R(\theta) = \frac{R(0) R(90)}{R(0) \sin^2 \theta + R(90) \cos^2 \theta}$$

は θ メリジアンに沿った曲率半径であり、

【数 2】

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

であり、

値 $R(0)$ および $R(90)$ は、前記主メリジアンに沿った曲率半径である、請求項 10 に記載の一連の眼科レンズ素子。

【請求項 13】 前記裏面が前記表面とともに、0 でない透視度数を提供し、前記裏面は下記の式によって規定される、請求項 5 に記載の一連の眼科レンズ素子。

(4)

【数 3】

$$z = \sum_{k=0,2,\dots}^n \sum_{j=0,2,\dots}^k C_{k-j,j} x^{k-j} y^j$$

【請求項 14】 2 mm以下の長さしか異ならない半径を有する 2つの同心球体によって規定された球状シェル内に置かれた面を有する眼科レンズ素子であって、前記半径のうち短い方の長さは 50 mmしかなく、前記面のエッジ上の少なくとも 2つの点 O および Q は、前記シェル P の中心に対して 80° よりも大きな角度 OPQ だけ延びる、眼科レンズ素子。

【請求項 15】 前記半径のうち短い方が、およそ 25 mm と 35 mm との間である、請求項 14 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 16】 前記面が、約 33 mm ± 約 2 mm の半径を有する、請求項 14 または 15 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 17】 前記半径の長さの差が約 0.1 mm 以下である、請求項 14 から 16 のいずれかに記載の眼科レンズ素子。

【請求項 18】 前記角度 OPQ が 90° よりも大きい、請求項 14 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 19】 前記角度 OPQ が 100° よりも大きい、請求項 18 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 20】 前記面が前記レンズ素子の表面であり、裏面は、前記レンズ素子に ±4 D から -6 D である選択された透視度数と、選択された非点収差矯正とが付与されるように構成される、請求項 14 から 19 のいずれかに記載の眼科レンズ素子。

【請求項 21】 前記レンズ素子が、アイウェアが使用されたときにおよそ目の回転中心に前記シェルの中心が置かれるように前記アイウェアに取付けられる、請求項 14 から 20 のいずれかに記載の眼科レンズ素子。

【請求項 22】 窩視野に対して、目の回転角度が 30° 未満の場合に二乗平均度数誤差が 3/8 D 未満である、請求項 14 から 21 のいずれかに記載の眼科レンズ素子。

(5)

【請求項 2 3】 前記窩視野に対して、目の回転角度が 40° 未満である場合に二乗平均度数誤差が $1/2$ D 未満である、請求項 2 2 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 2 4】 前記窩視野に対して、前記目の回転角度が 40° よりも大きく 50° よりも小さい場合に二乗平均度数誤差が $3/4$ D 未満である、請求項 2 3 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 2 5】 前記目が回転して側頭方向に 30° の角度で固定される周辺視野に対して、その固定位置の $\pm 5^\circ$ の角度において二乗平均度数誤差が $3/8$ D 未満である、請求項 1 4 から 2 1 のいずれかに記載の眼科レンズ素子。

【請求項 2 6】 前記目が回転して側頭方向に 30° の角度で固定される周辺視野に対して、その固定位置の $\pm 10^\circ$ 角度において二乗平均度数誤差が 0.65 D 未満である、請求項 2 5 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 2 7】 前記目が回転して側頭方向に 30° の角度で固定される周辺視野に対して、その固定位置の $\pm 30^\circ$ の角度において二乗平均度数誤差が 1.0 D 未満である、請求項 2 6 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 2 8】 目の回転中心とおよそ同心状に配置された球状表面を含み、前記球状表面は 16 D \pm およそ $1/2$ D のベースカーブを有し、目の回転のおよそ 40° にわたって比較的低い二乗平均度数誤差を示す、眼科レンズ素子。

【請求項 2 9】 窩視野に対して、目の回転角度が 30° 未満である場合に二乗平均度数誤差が $3/8$ D 未満である、請求項 2 8 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 3 0】 窩視野に対して、目の回転角度が 40° 未満である場合に二乗平均度数誤差が $1/2$ D 未満である、請求項 2 9 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 3 1】 窩視野に対して、目の回転角度が 40° よりも大きく 50° 未満である場合に、二乗平均度数誤差が $3/4$ D 未満である、請求項 3 0 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 3 2】 目が回転して側頭方向に 30° の角度で固定される周辺視野について、 $\pm 5^\circ$ の角度の固定位置において前記二乗平均度数誤差が $3/8$ D 未満である、請求項 2 8 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 3 3】 1 対の眼科レンズを含む処方アイウェアであって、各レン

(6)

ズは球体を含み、前記球体はそれぞれの目の回転中心におよそ中心づけられたおよそ35mm以下の平均半径を有する前記レンズのエッジまで延び、少なくともおよそ8mmの最大中空深さを有する、処方アイウェア。

【請求項34】 前記各レンズの最大中空深さが少なくともおよそ10mmである、請求項33に記載のアイウェア。

【請求項35】 前記各レンズの表面が、35mm以下の曲率を有する略球体であり、裏面は、少なくともおよそ+4Dから-6Dの選択された透視度数と処方された非点収差矯正とがレンズに付与されるように構成される、請求項33または34に記載のアイウェア。

【請求項36】 前記アイウェアはフレームをさらに含み、前記各レンズは、共通に処方された透視度数と非点収差矯正とが付与された一連のレンズから選択され、前記一連のものにおける各素子の曲率半径は、同じ眼鏡フレームにおいて前記一連のもののうちいずれの素子を使用してもよいよう十分に類似する、請求項33に記載のアイウェア。

【請求項37】 前記レンズの両方の曲率半径が約33mmである、請求項33から36のいずれかに記載のアイウェア。

【請求項38】 一連のマイナス度数眼科レンズ素子であって、前記素子は、わずか2mmの厚さと、50mm以下の半径とを有する球状シェル内に置かれ、前記一連のレンズ素子の厚さは、度数の絶対値の大きさとともにこれらの幾何学的中心で増加する、一連のマイナス度数レンズ。

【請求項39】 前記素子が、下記の関数によって与えられる厚さ t をその中心に有し、

【数4】

$$t = -\frac{ndF_v}{F_l(1-dF_v)}$$

ただし n はレンズ材料の屈折率であり、 d はレンズの裏面から目の瞳孔への入口までの距離であり、 F_v は裏面光学度数であり、 F_l は下記の式によって規定される表面光学度数である、

【数5】

$$F_1 = \left(\frac{n-1}{r} \right)$$

請求項38に記載の一連のマイナス度数レンズ。

【請求項40】 目の回転中心におよそ中心づけられた略球状曲率を有するレンズを含む処方アイウェアであって、前記レンズは軌道領域の鼻マージンから前記軌道領域の側頭マージンまで水平方向に延び、前記レンズは睫が邪魔にならないようにする凹状の裏面を有し、前記レンズの側頭から鼻エッジまでの透視度数は処方度数から0.5D以下しか変化しない、処方アイウェア。

【請求項41】 処方アイウェアを提供するための方法であって、
レンズ素子を提供するステップを含み、前記レンズ素子は、
およそ2mmよりも小さな厚さを有し、およそ35mm以下の半径を有する球状シェル内に置かれた表面と、

前記レンズ素子が処方された透視度数と処方された非点収差矯正とを有するよう構成された裏面とを有し、前記方法はさらに、

前記球状シェルの中心がおよそ前記目の回転中心に置かれるように使用者に対してレンズ素子を位置づけるステップを含む、方法。

【請求項42】 前記レンズ素子が、前記処方された透視度数を含む種々の透視度数を有する一連のレンズ素子に共通の球状シェルの半径に対応する標準アパーチャーを有するフレームに、前記レンズ素子を嵌めることにより、位置づけられる、請求項41に記載の方法。

【請求項43】 前記レンズ素子が裏面を備え、前記裏面は、その原点を通過する任意のメリジアンに沿った円形断面を有し、前記メリジアンに沿ったその曲率は等価的な従来の円環状レンズ(toric)の中心曲率と同一である、請求項37に記載の方法。

【請求項44】 一連の眼科レンズに使用するのに適する眼鏡フレームであって、およそ25mmと35mmとの間の半径Rを有する球状面を有し、前記一連のものの各レンズは同じRの値を有し、前記レンズはさらに、前記球状面に関

連して共通の処方範囲を提供するように選択された第2の面を有し、前記フレームは使用位置において左右レンズを支持し、それにより、前記球状面の中心がおよそ左目および右目の回転中心にそれぞれ置かれるようになる、眼鏡フレーム。

【請求項45】 テンプル部品と前記左右レンズに係合するための縁部分とを含み、前記各レンズに係合する前記縁部分は、前記球状面の半径におよそ等しい半径を有する球体の面上に置かれる閉曲線の形状で形成される、請求項44に記載の眼鏡フレーム。

【請求項46】 前記閉曲線の鼻の最端部の点と側頭之最端部の点とが、前記球状面の中心に頂点が置かれた状態で90°よりも大きなアーチとして延びる、請求項45に記載の眼鏡フレーム。

【請求項47】 左テンプル部品と、右テンプル部品と、ノーズブリッジとを含む、請求項44から46のいずれかに記載の眼鏡フレーム。

【請求項48】 前記ノーズブリッジが、前記目の中心に前記球状面の中心を位置づけるよう前記レンズ間の隔たりを水平方向に調節できるようにする調節可能な長さを有する、請求項47に記載の眼鏡フレーム。

【請求項49】 前記テンプル部品を支持するための蝶番をさらに含み、前記蝶番は前記それぞれのレンズの側頭エッジにおいて前記球状面に装着されるように適合される、請求項48に記載の眼鏡フレーム。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の分野】**

本発明は、処方レンズ、眼鏡、サングラスおよび安全眼鏡を含む改良された眼鏡レンズ素子およびアイウェアと、それらのためのフレームとに関する。

【0002】**【背景】**

従来から見られる多くの処方レンズのベースカーブは比較的平坦である。このようなレンズでは、周辺歪および／または物理的なサイズの制限により、視界が限定されてしまう。それらの比較的平坦な形状により、レンズによって与えられる、特に側頭付近での目に対する保護量が制限されてしまう。

【0003】

視界を広げ目に対する保護を高めるためにラップアラウンドアイウェアが開発されている。ラップアラウンド設計は目立つ場合もある種々の全体的なスタイルをアイウェアに持たせられるようにする。しかしながら、ラップアラウンドアイウェアは典型的には処方されない。典型的にはこれらの製品もまた、6Dと10Dとの間である平坦なベースカーブを有する。ラップ(wrap) (場合によってはレイク(rake)でもある)は使用時の配向においてレンズの光軸を回転および／または並進移動させることにより達成される。Raytonの米国特許第1,741,536号、およびHouston et al.の米国特許第5,689,323号を参照されたい。これにより使用者の視線が光軸からずれ、光学的性能が著しく劣化することが多い。典型的に周辺視野は不十分である。

【0004】

眼科学の歴史の初期の時点では、視界を拡大したり目の保護を提供する手段としてではないが、著しく湾曲した処方レンズが見られた。いわゆる「ツェルニング(Tscherning)」の楕円と呼ばれるものにおいて曲率と透視度数との関係が示される。およそ100年前に初めて示されており、ここでは収差が最小となるレンズ曲率とレンズ度数との組合せを特定しようとしている。ツェルニング楕円の全体的な形状が図1に示される。図1は屈折率、頂点距離およびレンズ厚さなど

のレンズパラメータに関する典型的な推定値に関連して提供される。チェルニング楕円はレンズパラメータに関するさまざまな推定値でのその楕円形状および傾斜配向を保持するが、楕円上の点の正確な場所は変化し得る。図 1 の楕円は点焦点（非点収差 0）、遠視野について求められた、補正されたフォン・ロー (von Rohr) 式（モルガン (Morgan)）から導出される。

【0005】

楕円の下部分 10 はいわゆる「オストワルトセクション (Ostwalt section)」であり、これは従来の処方眼科レンズに典型的に用いられるレンズ度数に関する比較的平坦な表面の選択肢を表す。「ウォラストンセクション (Wollaston section)」と呼ばれる曲線の上部分 12 ははるかに著しく湾曲したレンズを表し、このような物体を作ろうとした歴史的な事例はあるが（たとえばウォラストン自身による例）、レンズ形態として受け入れられたことはない。M. Jalie, The Principles of Ophthalmic Lenses p. 464 (4th Ed. London, 1994) を参照されたい。製造が困難であるため、おそらくこのような初期のレンズのアパーチャは小さく、このためおそらく外見上の理由や視界が制限されるという理由で受け入れられなかったのであろう。

【0006】

著しく湾曲し球状表面を有する最近のレンズは、無水晶体症（水晶体を外科的に除去した場合のように目の自然の水晶体がない）の治療のために製造されている。これらのレンズの全体的な形状が図 2 に示される。M. Jalie の 151 頁を参照されたい。このようなレンズは本質的には目の水晶体の代わりとしての役割を果たし、厚さが大きいこととプラス度数が高いこと（+5 D より高く典型的には +12 D 以上である）ことを特徴とする。これらのレンズのアパーチャ A は直径が 2.6 mm または 2.8 mm といった小サイズである。典型的にこれらの無水晶体レンズは平ラジアルフランジ (plano radial flange) 14 を有する。

【0007】

今日では従来の処方レンズの大半は比較的平坦で単一視野であるオストワルトセクションメニスカスレンズであり、これらは平坦な外形の眼鏡フレームの中に窓ガラスのように嵌められる。

【0008】

出願人は著しく湾曲したレンズの特性を研究し、普通に処方されたプラスまたはマイナス透視度数を有する一連のレンズを検討した。出願人は、このようなレンズにより原則として広い視界と目に対する保護とが提供され得ることを認識している。しかしながら、このような広視界レンズの実用化にはいくつかの問題がある。一般には製造および歪(distortion)の問題があり、さらには、利用可能な普通の非点収差矯正または「シリンダ (cyl)」処方によるか、またはそれらによらない、普通のプラスまたはマイナス度数で処方する範囲が生まれるという問題がある。

【0009】

普通の処方度数範囲を提供するのに要求される表面度数の範囲が広いことによってより深刻な問題が生じる。たとえば図1に示されるレンズを仮定すると、ウォラストンセクションは、+5 Dから-8 Dの透視度数範囲の製品ラインの場合、約15 Dから約20 Dのばらつきが表面度数にあることを教示していると理解することができる。これは約29 mmから約39 mmの表面曲率半径のばらつきに対応し、これは広い視界を提供するのに十分大きなレンズの全サイズおよび形状に大きなばらつきがあることを表わす。このようなレンズは窓ガラスのように単一サイズのものの中に嵌めることはできず、実際には、処方のたびにそれに特有の専用のフレームサイズおよびスタイルが要求される。このような独特のスタイルには価値があるが、大量生産市場において一貫した外見を有するアイウェアを提供することはできない。

【0010】

本発明の目的は、先行技術の問題および欠点のうち1つまたは2つ以上を克服するか、または少なくとも軽減することである。

【0011】

【発明の概要】

一般に、本発明はアイウェアおよびその眼科レンズ素子に関する。眼科レンズ素子は状況に応じて、完成品のまたは縁取りされた眼科レンズ、半完成品のレンズ、レンズブランク、またはその成形部品を含み得る。さらに、ラミネートレン

ズまたはレンズブランクを形成するためのウエハが含まれる。

【0012】

したがって、本発明の第1の局面において、アイウェアに取付けるように適合されたレンズ素子が提供され、レンズ素子は約35mm未満の曲率半径を有する球状面を有し、上記レンズ素子は、レンズ素子の曲率中心が目の回転の中心に置かれるように位置づけられるべく適合され、レンズ素子は前方視線から側頭方向に 55° を超える角度の視界を提供するよう十分に大きい。

【0013】

好ましくは、レンズ素子は、少なくともおよそ+2Dから-2Dの透視度数と、ほぼ同じ曲率とを有する一連のレンズ素子から選択された単一視野レンズ素子である。

【0014】

視界の拡大により、側頭エッジが使用者に見えない（見かけ上エッジなし）アイウェアの製造が可能になることが認識されるであろう。

【0015】

他の利点としては、さまざまな処方において優れた周辺視野特性を有するレンズではこれまで達成できなかった選択肢をアイウェアの設計者に提供できることが挙げられる。これらには、より小さな外形のレンズが使用可能であること、3次元の湾曲したレンズエッジおよび眼鏡の縁が形状的にも外見的にも好ましいこと、そして特に側頭領域においてエッジの厚みが目に容易に見えにくいこととが含まれる。

【0016】

本発明は図3を参照して例示され、この図3には本発明の著しく湾曲した同心レンズのいくつかの幾何学的局面が示される。図3は（それぞれ20および22である）左目および右目の水平方向の断面図を示す。各目は回転中心24および26を有して示される。回転中心はほぼ1mmから2mmの直径 C_D を有する眼球内のある体積であると理解され、この回転中心を中心として、凝視方向の変化とともに目が回転するように見える。図3に示されるように、著しく湾曲した左右レンズ28および30が目の周りに位置づけられる。図面において、各レンズ

の光軸は各目の視線と同一線上にあり、これは各目に対する線 3 2 および 3 4 で表される。これらの線はさらに、いくつかのレンズ面（図の面に対して垂直である $x-y$ 面）を表すのに後の文章で使用される座標系の z 軸を表す。

【0017】

レンズ 2 8 および 3 0 は球状または球状ベースのものとして一般的に表すことができる。好ましい実施例において、表面は球状であり、一連のものにおけるすべての処方値に対して 3 5 mm 未満の固定半径を有する。他の実施例において、レンズは球状の裏面を有し、基準となる球体を有するか、または規定された球状シェル内に置かれるものとして最良に表される。各場合において、基準球体またはシェルの半径ならびに使用時のレンズの場所は、基準球体またはシェルの中心が目の回転中心付近に、または回転中心内に置かれるようにされる。図 3 の左目に関する部分には表面が左目の回転中心に中心付けられた半径 R の球体である場合が示される。

【0018】

目の回転中心に、またはその付近に中心付けられた所与の半径を有する球状ベースの選択により、頂点距離 d が制約を受け、これは瞳孔 3 6 の面とレンズの裏面 3 8 との間の距離として図 3 の左目に関する部分に示される。表面半径および裏面形状は、レンズ厚さおよびレンズ材料の屈折率などの他の設計パラメータと関連して、後に詳細に説明するようにレンズの光学特性を決定する。

【0019】

出願人は、本発明のレンズ設計が図 4 に示されるタイプのデータアレイによって分析および表現されることを見出している。この図は 2 名の発明者にちなんで名づけられた「モリスースプラット (Morris-Spratt)」図と呼ばれる。

【0020】

図において、各ドットは、ドットの中心にグリッドポイント (grid point) があるという特性を有するレンズから得られた理論上の光線追跡プロット図の中心にある。右側の「 y 」軸は、レンズの表面の度数をジオプターで示す ($n = 1.530$ の屈折率について正規化される)。下方の「 x 」軸はレンズの中心におけるレンズの透視度数を示す。これはレンズのプラスまたはマイナス度数処方に対応

する。この図では、各レンズがポリカーボネート ($n = 1.586$) で作られ、マイナス度数レンズの場合には 1.8 mm の中心厚さを有し、プラスレンズの場合の中心厚さは処方時に個別に決定されるため、全体的なレンズの最小厚さは、 5.8 mm の直径を有するレンズブランクの周辺部において 1 mm である。各レンズは表面が目の回転中心から 33.1 mm となるように目に対して位置づけられ、これは 16.0 ジオプタの表面度数を有するレンズと同心上にある。

【0021】

個々のグリッドポイントの各々には、 40° までの目の回転角に対する光線追跡結果が現れる。各グリッドポイントの黒領域は処方に対する二乗平均度数誤差が 0.125 ジオプタ未満である各レンズの領域を表し、 0.375 ジオプタまでの調節を可能にする。二乗平均度数誤差は後に数学的に定義する。この基準はレンズ性能に関するよい指標であると確信される。

【0022】

図4に示される完全に塗りつぶされた丸は、任意の方向において目の回転の 40° にわたる二乗平均度数誤差が 0.125 ジオプタ未満であるレンズを表す。環状部分を周りに有するドットについては、二乗平均度数誤差は目のある程度の中間回転角度では 0.125 ジオプタを超えるまで上昇し、ある小さな角度領域に入ると再度そのしきい値未満まで降下する。

【0023】

局所的に最も大きなドットの楕円形の外形は、出願人が選択したレンズパラメータの特定の場合について作成されたチェルニング楕円にほぼ対応する。従来の経験から、高品質のレンズを製造するためには球状レンズ（表および裏に球状面を有するレンズ）の表面は、チェルニング楕円に従う必要がある。しかしながら、モリスースプラット図は、レンズパラメータを適切に選択するために、優れたレンズを製造することが可能であるほぼ水平な領域がこの図にはあることを示している。高品質の光学部品を有する平坦球状レンズを広範囲の表面曲率にわたって製造できることが知られている（透視度数0付近にある大きなドットの垂直線によって示される事実である）。多くのこのようなレンズは今日市場において入手可能である。モリスースプラット図に示される新規なアイデアは、レンズパラ

メータを適切に選択することにより、著しく湾曲した単一の表面または球状基準面またはシェルを用いて、広範囲の処方による高品質の球状レンズを製造できるというものである。16ジオプタ（線40上のグリッドポイント）の表面度数を用いるレンズの低二乗平均度数誤差領域での角度範囲は少なくとも-6から+4ジオプタの範囲にわたるほど広い（ほぼ全体が塗りつぶされたまたは完全に塗りつぶされた円）。すべての処方の95%がこの範囲内に入る。したがって、適切に選択された単一の高度数表面またはベースカーブを用いて、広範囲の有用な処方に対する高品質の眼科球状レンズを製造することが可能である。さらに、図4から明らかであるように、優れたレンズ品質と、同じフレームスタイルが使用できるよう十分に一貫したレンズ形状とを提供しつつ、単一度数または正確に同心状に配置された状態からわずかに逸脱させることができる。

【0024】

図5は、本発明の好ましい実施例の優れた品質を有する一連の光学レンズを示す。この実施例では、表面は約16D±約1/2Dになるように選択される。この範囲は水平線50および52の間にある。特に好ましい実施例では-2Dから+2D（区域54）、-6Dから+4D（区域54および56）、または-8Dから+5D（区域54、56および58）の範囲の処方を有する一連のレンズが提供される。

【0025】

比較の目的で、この特定の場合に関するチェルニング楕円60のウォラストンセクションの一部分が図5の図形に重ね合されている。この図からは、前方曲線および水平方向のブロックに表される透視度数範囲は、-8Dから+5Dの透視度数範囲では表面に5Dのばらつきがあり、透視度数範囲の中央での曲率のはるかに急に傾斜していることを示す、チェルニング楕円の教示と矛盾している。

【0026】

本発明の好ましい局面において、一連の眼科レンズ素子が提供され、各レンズ素子は、

使用位置において目の回転中心とほぼ同心状に配置された球状表面と、

25mmから50mm±約1mmの範囲における一連のレンズ素子について選

扱された本質的に1つの値であるほぼ同じ曲率半径とを有し、前記一連のレンズ素子はさまざまな共通の処方透視度数を有する。

【0027】

より好ましくは、レンズ素子は少なくともおよそ+4Dから-6Dの透視度数を有する。

【0028】

有利には、一連のレンズ素子には適切な処方度数およびシリンダ矯正が付与される。表面が球状である実施例では、裏面は適切な透視度数およびシリンダ矯正を提供するように構成される。好ましい実施例において、一連のレンズ素子は1/4Dずつ増分する、上記範囲内の透視度数を含み得る。各度数の保管レンズ素子には、たとえば1/4Dの増分で0Dから-2Dのさまざまな共通の非点収差処方の各々が付与される。レンズ素子が球対称であるために、シリンダ矯正の角度が、エッジ加工およびガラス嵌め時にレンズ素子を適切に回転することにより選択され得ることを理解されたい。

【0029】

従来の非点収差矯正は主メリジアンに関連して説明されることが多いトロイド(toroid)面に基づき、すなわちこれはレンズの光軸に中心づけられた直交メリジアンであり、最大および最小曲率軌跡を表す。シリンダ矯正を提供するためにバレルトロイド(barrel toroid)およびドーナツトロイド(donut toroid)の両方が使用されている。後に説明するように、出願人は著しく湾曲したレンズのための新規な非点収差矯正面を開発しており、これらの面はバレルトロイドとドーナツトロイドとの間に置かれるものとして説明することができ、これらの各々は同じ主メリジアンを有し、主メリジアンに沿った度数は同じである。このような2つの面は後に詳細に説明する「全円形メリジアン」面および「平均トロイド」面である。

【0030】

したがって、好ましい実施例において、裏面はバレルトロイドとドーナツトロイドとの間に置かれ、これらはいずれも同じ主メリジアンを有し、上記主メリジアンに沿った度数は同じである。

【0031】

より好ましくは、主メリジアンからずれた任意の点における、上記裏面の面非点収差は、同じ点におけるバレルトロイドまたはドーナツトロイドの面非点収差のうち大きい方よりも小さい。

【0032】

これに代えて、裏面は、裏面における任意の点での前方平行面からのレンズ素子の面高さ Z が、バレルトロイドの高さ Z_B およびドーナツトロイドの高さを直線状に組合せたものであり、 Z が Z_B および Z_T の値によって規定されるものとして定義される。

【0033】

さらに好ましい局面において、任意のメリジアンに沿ったレンズ素子の裏面の断面は円形である。

【0034】

好ましくは、各円形メリジアンの曲率は、処方によって与えられる従来のトーラスの中心における対応のメリジアンの瞬間曲率 (instantaneous curvature) に等しい。

【0035】

裏面非点収差矯正は下記の式で表される面高さ関数 $Z(r, \theta)$ によって表される。

【0036】

【数6】

$$z(r, \theta) = R(\theta) - \sqrt{R(\theta)^2 - r^2}$$

ただし

$$R(\theta) = \frac{R(0) R(90)}{R(0) \sin^2 \theta + R(90) \cos^2 \theta}$$

【0037】

は θ メリジアンに沿った曲率半径であり、

【0038】

(18)

【数 7】

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

【0039】

であり、値 $R(0)$ および $R(90)$ は主メリジアンに沿った曲率半径である。

これに代えて、裏面は表面と合せて、0でない度数を提供し、裏面は下記の等式によって定義される。

【0040】

【数 8】

$$z = \sum_{k=0,2,\dots}^n \sum_{k=0,2,\dots}^k C_{k-j,j} x^{k-j} y^j$$

【0041】

本発明のレンズの形状を以下に説明する。この状況では「傾斜の著しい曲率」という用語はレンズの全体的な形状または基準球体またはシェルを表すものとして用いられる。特定の例において、曲率はレンズの内側または外側に置かれるか、またはレンズの面を含む、面または球状シェルの平均曲率として測定される。

【0042】

したがって、本発明のさらなる局面において、眼科レンズ素子が提供され、眼科レンズ素子は2つの同心球体によって規定される球状シェル内に置かれた面を有し、2つの同心球体は長さが2 mm以下しか違わない半径を有し、半径のうち短い方の長さは50 mmしかなく、面のエッジ上にある少なくとも2つの点OおよびQは、シェルPの中心に対して80°よりも大きな角度OPQだけ延びる。

【0043】

好ましくは、半径のうち短い方は25 mmと35 mmとの間であり、半径の長さの差はおよそ0.1 mm以下である。

【0044】

より好ましくは、面は約33 mm±約2 mmの半径を有する。本発明のレンズはさらに、大きな画角によって全体的な形状に特徴があり、画角は光軸と側頭ま

たは鼻の最端部との間の角度として表されることが多い。本発明の好ましい実施例によると、レンズは球状表面の中心に中心づけられた角度にわたって延び、角度は 80° より大きく、好ましい実施例では 100° よりも大きい。もちろんこれらの周辺領域でレンズが光学的に使用可能であるならば、このような角度はレンズの視界を示すものであることが理解されるであろう。

【0045】

本発明のレンズの独特な形状はサジタル深さ(sagittal depth)または「中空」深さによってさらに特徴づけられ、これらは一般に、レンズおよびレンズエッジの3次元の測定値である。これらの深さは、後に説明するように、レンズの前方平行面と側頭の最端部の点との間の距離に関する。本発明の好ましい実施例によると、目の回転中心に中心づけられた 50 mm 以下の平均半径と、少なくとも 8 mm の中空深さとを有するレンズが提供される。特に好ましい実施例において、表面の半径は約 $33\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ であり、中空深さは少なくとも 10 mm である。

【0046】

本発明のさらなる局面において、眼科レンズ素子が提供され、眼科レンズ素子は目の回転中心とおよそ同心状に配置された球状表面を含み、 $16\text{ D} \pm$ およそ $1/2\text{ D}$ のベースカーブを有し、目の回転のおよそ 40° にわたって比較的低い二乗平均度数誤差を示す。

【0047】

好ましくは、レンズ素子は、窩視野(foveal vision)に関して、 30° 未満の目の回転角度に対して二乗平均度数誤差が $3/8\text{ D}$ 未満となるようにされる。

【0048】

本発明は処方アイウェアを提供するための方法をさらに含む。したがって、本発明のさらなる局面において、処方アイウェアを提供するための方法が提供され、この方法は、

レンズ素子を提供するステップを含み、上記レンズ素子は、

およそ 2 mm よりも小さな厚さを有し、かつ 35 mm 以下の半径を有する球状シェル内に置かれた表面と、

レンズ素子が処方された透視度数と処方された非点収差矯正とを有するように構成された裏面とを含み、この方法はさらに

球状シェルの中心が目の回転のほぼ中心に置かれるように使用者に対してレンズ素子を位置づけるステップを含む。

【0049】

好ましくは、レンズ素子は、処方された透視度数を含む種々の透視度数を有する一連のレンズ素子に共通な、球状シェルの半径に対応する標準アパーチャを有するフレームの中にレンズ素子を嵌めることによって位置づけられる。

【0050】

より好ましくは、レンズ素子は裏面を備え、裏面は、その原点を通過する任意のメリジアンに沿って円形の断面を有し、これらのメリジアンに沿った裏面の曲率は、等価的な従来のトーリックの中心曲率と同一である。

【0051】

本発明は、特殊設計された眼鏡フレームも含む。好ましい実施例において、一連の眼科レンズに使用するのに適した眼鏡フレームが提供され、レンズの各々は25mmと35mmとの間の単一半径を有する球状面と、球状面に関連してさまざまな共通の処方を提供するように選択された第2の面とを有する。フレームは、球状面の中心が左目および右目の回転中心に、またはそれらの付近にそれぞれ置かれるように、使用者の左右レンズを支持するように適合され得る。眼鏡フレームは左右レンズに係合するためのテンプル部品および縁部分を含んでもよい。各レンズに係合する縁部分は、上記球状面の半径におよそ等しい半径を有する基準球体上にある閉曲線の形状で形成され得る。このような眼鏡フレームにおいて、閉曲線の鼻の最端部の点および側頭の最端部の点は、頂点が球状面の中心に置かれた状態で90°よりも大きなアーチを描くように延び得る。

【0052】

眼鏡フレームは、左テンプル部品と、右テンプル部品と、ノーズブリッジ(nose bridge)とを含み得る。好ましい実施例において、ノーズブリッジは、球状面の中心を目の中心に位置づけるようにレンズの隔たりを水平方向に調節できるようにする、調節可能な長さを有する。他の実施例では、テンプル部品を支持する

ための蝶番を備えた縁なしフレームが提供され、蝶番はそれぞれのレンズの側頭エッジの基準球状面に直接装着されるように適合される。

【0053】

以上の記述は発明の概要としてのみ意図されるものであり、発明の範囲はクレームの文言およびその等価物によって決定される。

【0054】

【図面および例の詳細な説明】

概略

- I 基本的なレンズジオメトリ
- II 非点収差の矯正
- III 拡大効果および歪の低減
- IV レンズの製造
- V レンズの設計例に関する計算された性能
- VI 嵌められたレンズおよび眼鏡フレーム。

【0055】

I 基本的なレンズジオメトリ

まず、本発明に従って製造されたレンズの基本的なジオメトリを説明する。図6(a)、図6(b)および図6(c)はそれぞれ、本発明に従うエッジ加工されたレンズ100の表面図、側面図および上面図を示す。図6(a)における原点102はレンズの光学中心の場所であり、使用時の瞳孔中心の設計場所である。エッジ加工されたレンズの外形104が図6(a)の前方斜視図に示される。図6(b)にはレンズの側頭エッジ106および鼻エッジ108が示される。図6(c)にはレンズの上エッジ110および下エッジ112が示される。図6に示されるレンズの実施例では、レンズの表面の球状曲線が著しく湾曲しており、その右側最端部が線114で示される。

【0056】

本発明の実施例の著しく傾斜した球状曲率はさまざまな方法でレンズに設計することができる。上記の好ましい実施例において、レンズ素子の表面は目の回転中心に中心づけられるかまたはその付近にある単一半径の球体である。これに代

えて、一連のレンズ素子の裏面は著しく傾斜した一定の球状面であり、回転中心に中心づけられるかまたはその付近に置かれ得る。これらの実施例において、他方の面は変化し得る曲率を有し、曲率は使用者に少なくとも適切な透視度数を提供するように選択される。たとえば、16D球状表面が一連のレンズ素子に選択される場合、その主メリジアン(major meridian)に対して20Dの、かつその副メリジアン(minor meridian)に対して18Dの曲率を有する裏面が、-2Dシリンダによって4Dの透視度数を提供するために使用される。これに代えて、レンズ素子の一定半径の面が裏面に置かれる場合、特定の処方に関して選択された対応の面が表面に置かれ得る。

【0057】

他の代替例では、レンズ素子または面は球状シェル内に置かれるように制限される。このジオメトリが図7に示される。2つの同心球体154および156が点Pの中心と、2つの半径 r_1 および r_2 によって規定され、ここで $r_2 > r_1$ である。同時に球体がシェルSを規定する。レンズ158は鼻の最端部の点Qと側頭部の最端部の点Oとを有して示される。レンズの表面160はシェルS内にある。

【0058】

本発明に従う光学レンズ素子の表面は球状、トーリック、または回転対称の非球状面である。さらに視野を改善するために、本発明に従う光学レンズ素子の表面および／または裏面は光学性能および／または外見を改善するために球状の形状から逸脱した形状を有してもよい。上述のとおり、表面および／または裏面は、レンズの使用者に見える光学収差の測定値を表す、選択されたメリット関数(merit function)を最小にするように、最適化の課題を達成することにより満たされ得る。これに代えて、またはこれに加えて、矯正によりレンズ素子の外見を改善してもよい。これに代えて、後により詳細に説明するように、シェル内の面は多焦点プログレッシブレンズ(multi-focal progressive lens)であってもよい。

【0059】

好ましい実施例において、半径 r_1 および r_2 の長さは2mm以下の範囲でしか異ならず、より好ましい実施例では半径のうち一方は約33mmであり、 r_1 お

よび r_2 の長さの差は約 0.1 mm 以下である。表面は 75° よりも大きな角度 OPQ であって、好ましくは 90° よりも大きく、より好ましくは 100° よりも大きな角度だけ延びる。この角度はレンズによって与えられる広視界の測定値である。

【0060】

これに代えて、レンズは、図7のシェルSに類似した態様で規定されたシェル内に全体が置かれるように規定されてもよく、 r_1 および r_2 の長さの差は 6 mm 未満である。

【0061】

さらに、かつ代替的に、レンズは図7の半径 r_1 を有する球体の部分 OQ といった、著しく湾曲した球体の一部分を含むものとして規定され得る。基準球体とは、レンズ素子の表面および裏面の中間にある球体であり得る。本発明の実施例において、この著しく湾曲した球体は、さもなければ引用によって援用される米国特許第 5,187,505 号に従って製造される2つのレンズウエハの当接面を規定し得る。このような場合、眼科レンズまたはレンズブランクは裏ウエハおよび表ウエハのラミネートとして形成される。ウエハの当接面が球状であるため、ウエハを回転すると、面のうち一方に付与されたシリンダ矯正により所望の配向が達成できることを理解されたい。これはプログレッシブレンズを提供するにあたり特に有用である。

【0062】

本発明のレンズ素子の新規なジオメトリの他の局面が図8に示される。著しく傾斜した球状曲率を有し、目の回転中心 172 とおよそ同心状に配置されたレンズ 170 が示される。前方平行面 P はレンズの球状表面 174 に接する。レンズの光軸 176 は面 P に対して垂直であり、目の回転中心を通過する。裏面は参照番号 178 で識別される。レンズは側頭方向に側頭エッジ 180 まで延びる。レンズの新規なジオメトリは中空深さ Z_H によって部分的に規定され、これは光軸におけるレンズの裏面 178 とエッジ 180 との間の垂直方向の距離である。関連の寸法 Z_F は前方平行面 P とエッジ 180 との間の距離である。

【0063】

歪といった、本発明のレンズの周辺における光学特性を考慮するとよい。このような場合、図 9 に示されるように、光軸 0 に中心づけられた半角 ϕ の錐の内側または外側にあるレンズ特性を基準にするとよい。図 9 において θ は 30° の角として示される。本発明の好ましい実施例において、一連のレンズ素子は、少なくとも 25° の角度 θ によって規定される錐に対して 0.125 D 未満の面非点収差を有する。

【0064】

本発明のレンズ素子は、窩視野の二乗平均度数誤差（後述）が 30° 未満の目の回転角度に対して $3/8$ D 未満となるようにされ得る。さらに、レンズ素子は、窩視野の二乗平均度数誤差が、 30° より大きく 40° 未満の目の回転角度に対して $1/2$ D 未満となるようにされ得る。さらに、レンズ素子は、窩視野の二乗平均度数誤差が、 40° より大きく 50° 未満である目の回転角度に対して $3/4$ D 未満であるようにされ得る。

【0065】

好ましい実施例において、レンズ素子は、目が回転して側頭方向に 30° の角度で固定される周辺視野に関して、二乗平均度数誤差が角度 $\pm 5^\circ$ の固定位置で $3/8$ D 未満であり、二乗平均度数誤差が角度 $\pm 10^\circ$ の固定位置で 0.65 D 未満であり、二乗平均度数誤差が角度 $\pm 30^\circ$ の固定位置で 1.0 D 未満であるように構成され得る。

【0066】

本発明のいくつかの特徴および従来のレンズとの比較を図 10 に示す。図 10 (a) は、従来のレンズおよび本発明の著しく湾曲した球状レンズに選択された外形の平面図を示す。従来の 6 D ベースレンズ 200 が図 10 (b) に示され、本発明に従う 16 D ベースレンズ 202 が図 10 (c) に示され、これらはいずれも図 10 (a) と同じ平面外形を有する。見かけの視界は、瞳孔面上の瞳孔の中心 C 上に中心づけられたエッジ光線の間での範囲として測定される。従来のベース 6 レンズ 200 は約 105° の見かけの視界を有し、レンズ 202 は約 103° の見かけの視界を有する。より大きなレンズブランクおよび平面外形が採用される場合、およそ図 10 (d) に示されるもののサイズを有する 16 D ベース

レンズ204が製造され得る。このようなレンズは、約 170° の見かけの視界を生み出す軌道領域の側頭マージン(temporal margin)208まで鼻マージン206から水平方向に延び得る。このようなレンズでは、まっすぐに凝視した時に使用者に見える側頭エッジはない。さらに、側頭レンズエッジの厚さ210は後ろ方向に湾曲するため、他人に容易に見えず、レンズの外見が改善される。さらに、レンズの裏面212により、広い範囲の処方の場合に、通常の長さの睫による影響を受けなくなる。

【0067】

I I 非点収差の矯正

本発明に従う著しく湾曲した球状レンズにより、シリンダ矯正が使用者の処方の一部分である場合に特定の問題が生じる。共通のトーリック裏面では許容できる性能は提供されないかもしれない。特に、従来のトーリックは著しく湾曲したレンズの周辺部でうまく機能しない。

【0068】

シリンダRx（光線の傾斜といったものを無視する）に関する理想的な裏面とは、処方に適切な一定の面非点収差を有するであろう。このような面は存在しない。トーリック面は、この理想に近い製造可能なものである。2つの標準的なタイプのトーリック面があり、これらはドーナツトーリックおよびバレルトーリックと呼ばれることがある。これらの各々は固定軸の周りに円形のアーチを掃引することにより得られる。円の半径が、固定軸までのその最大距離よりも短ければ、ドーナツトーリックであり、そうでなければバレルトーリックである。いずれのタイプのトーリックも2つの主メリジアンに沿った円形断面を有する。このこと（かつ対称性）のおかげで、接線度数はこれらのメリジアンに沿ったすべての場所で正しくなる。さらに、このタイプのトーリックはサジタル度数が正しい「好ましい」メリジアンを有する。ドーナツトーリックの場合、それは下接線度数メリジアンであり、バレルトーリックの場合は上接線度数メリジアンである。0の接線およびサジタル誤差は、面非点収差が好ましいメリジアンに沿って常に0であることを意味する。

【0069】

著しく湾曲したレンズの従来のトーリックの例が図11(a)および図11(b)に示される。これらの例ではいずれも、名目上の2シリンダに対して、赤道(equatorial) 180° メリジアンでは接線度数は18ジオプタ (@ n = 1.530) であり、90° では20ジオプタである。プロットは直径が45mmであり、0.1ジオプタの輪郭を有する。円形の主メリジアン曲率C1およびC2が図11(c)に図示される。C1およびC2は90° の角度で極Pの中心点で交差する。他の「主でない」メリジアンが中心点から放射状に延びるものとして規定されてもよいことが理解されるべきである。

【0070】

好ましい軸は図11のプロットから明らかである。中心から0、10および20mmの半径の周りで0から90° の角度を形成する接線およびサジタル面度数が、図12(a)から図12(d)に示される。

【0071】

図面から、ドーナツトーリックおよびバレルトーリックの両方がすべての半径に対して0° および90° で正しい接線度数を有することに注目されたい。ドーナツトーリックは0° では正しいサジタル度数を有するが、90° では誤差があり、誤差は半径とともに増加する。バレルトーリックは90° では正しいサジタル度数を有するが、0° では半径とともに増加する誤差がある。

【0072】

これらのトーリックの両方を中心として明らかに非対称であるものがあり、すなわち、それらの各々は好ましいメリジアンを有する。しかしながら、主メリジアンに沿って正しい接線度数を維持するが、より対称的にサジタル度数を扱う関数がある。所望の接線態様を有する関数を構築するやり方は、すべてのメリジアンに沿った断面が円形になることを余儀なくすることである。関数は下記の形式を有し得る。

【0073】

【数9】

$$z(r, \theta) = R(\theta) - \sqrt{R(\theta)^2 - r^2}$$

【0074】

ここで $R(\theta)$ は θ メリジアンに沿った曲率半径であり、かつ

【0075】

【数10】

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

【0076】

である。 $R(0)$ および $R(90)$ の値は所望の接線度数で固定され、中間角度における度数はこれらの限界値に対して補間法を適用することにより決定される。補間の形式は、上記の度数プロファイルの形式がほぼ正弦波状になるという認識から生まれる。したがって、 $R(\theta)$ に関する好都合な1次近似は下記のとおりとなるであろう。

【0077】

【数11】

$$P(\theta) = P(0) + (P(90) - P(0))(1 - \cos 2\theta)/2, \text{ かつ}$$

$$R(\theta) = (n-1)/P(\theta)$$

【0078】

ここで P は接線度数であり、 n は度数を曲率に変換するのに必要な屈折率である。矢状(sagittal)態様に対する支配をさらに増すために、補間にさらなるフーリエ項を追加することができる。接線態様に対する支配をさらに増すために、度数は r における多項式となってもよい。単純な面の場合、さらなる自由度は要求されない。図13のプロットは、トーリックについて先に示したような角度関数として接線およびサジタル度数を示す。中間角度における接線誤差がドーナツトーリック未満であり、バレルトーリックよりも大きいことに留意されたい。また、サジタル度数は 0° および 90° では $r=0$ の場合について矯正されるが、半径の増加とともに幾分対称的に両方のメリジアン上で欠落し始める。軸対称ではない面の場合、接線曲率に対する角度態様から寄与されるものは少ない。これは、通常のベクトルが円形断面と同じ面にないからである。

【0079】

「偏っていない(unbiased)」シリンダ矯正面をもたらす別のやり方は、従来のドーナツトーリックおよびバレルトーリックの平均をとることである。こうすることにより、円形メリジアンから構築された面に関するものに類似した結果が得られる。平均をとられたトーリックに関する角度プロットが図14に示され、ここでは $Z = a_B Z_B + (1 - a_B) Z_D$ であり、ここで Z はレンズの面高さであり、 Z_B は従来のバレルトーリックの面高さであり、 Z_D は従来のドーナツトーリックの面高さであり、 a_B は $1 > a_B > 0$ となるような重み係数である。図14は、 $a_B = 0.5$ の特定のな場合を示す。

【0080】

図14のプロットと区別することは難しいが、これらの円形メリジアンおよび平均をとられたトーリック面に関する接線およびサジタル度数の角度態様には大きな差異がある。図15の輪郭プロットでは平均をとられたトーリックおよび円形メリジアン関数の面非点収差を比較する。プロットは、上述の例と同じ0.1ジオプタの輪郭と45mmの直径とを有する。

【0081】

非点収差は、平均トーリックの場合よりも円形メリジアン面の方が簡単に機能する。角度補間にフーリエ項を付与する効果を示すために、1つの余分な係数を、楕円形に見える輪郭に「切り上げる」ように調節することができる。この結果が図16に示される。メリジアンは依然としてすべて円形断面を有し、角度補間のみがわずかに変更されている。

【0082】

円形メリジアンおよび平均トーリック面は注目に値するさらなる特性を有する。主メリジアンからずれた任意の点にある面の面非点収差は、同じ点におけるバレルトーリックまたはドーナツトーリックの面非点収差のうち大きい方ものよりも小さい。さらに、平均トーリックまたは円形メリジアン面は、同じ処方に関するバレルトーリックとドーナツトーリックとの間にある（中間 Z 値を有する）。

【0083】

上述のトーリックは本発明の好ましい実施例のレンズの裏面として使用するの

(29)

に好ましいが、レンズに提供するために従来のトーリックまたは汎用化されたトーリックを使用することもできる。

【0084】

これに代えて、本発明のレンズ素子の面矯正は、対称多項の下記の数式に従って裏面を製造することにより提供されてもよい。

【0085】

【数12】

$$z = \sum_{k=0,2,\dots}^n \sum_{k=0,2,\dots}^k C_{k-j,j} x^{k-j} y^j ;$$

【0086】

レンズの光学収差の多くの測定値は下記のように定義される。

【0087】

【数13】

$$\text{平均度数誤差 (MPE)} = \frac{\epsilon_{11} + \epsilon_{22}}{2}$$

$$\text{シリンダ誤差} = \left((\epsilon_{11} - \epsilon_{22})^2 + 4\epsilon_{12}^2 \right)^{1/2}$$

2乗平均度数誤差(2乗平均のぶれ)

$$= \left(\frac{\epsilon_{11}^2 + 2\epsilon_{12}^2 + \epsilon_{22}^2}{2} \right)^{1/2}$$

$$= \left((\text{mpe})^2 + \frac{1}{4} (\text{シリンダ誤差})^2 \right)^{1/2}$$

【0088】

ここで ϵ は焦点誤差マトリクスであり、下記のように表される。

【0089】

【数14】

(30)

$$\varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} \end{pmatrix}$$

【0090】

ここで、正規直交基の組を選択すると $\varepsilon_{12} = \varepsilon_{21}$ である。

レンズの光学特性を特定の考慮することによりこれらの項を計算する場合、光学平均度数誤差、光学シリンダ誤差および二乗平均光学度数誤差の項が適用される。

【0091】

メリット(merit)関数は、最適化されたレンズの特定の用途に応じて下記の関数から選択され得る。

【0092】

【数15】

$$\begin{aligned} M_1 &= \sum_{\theta} (2乗平均のぶれ)_{\theta}^2 \\ M_2 &= \sum_{\theta} \left((mpe)^2 + (\text{シリンダ誤差})^2 \right)_{\theta} \\ M_3 &= \sum_{\theta} \left(\frac{1}{16} (mpe)^2 + (\text{シリンダ誤差})^2 \right)_{\theta} \\ M_4 &= \sum_{\theta}^{\text{水平}} (\varepsilon_{11})_{\theta}^2 + \sum_{\theta}^{\text{垂直}} (\varepsilon_{22})_{\theta}^2 + \sum_{\theta}^{\text{斜め}} (mpe)_{\theta}^2 \\ M_5 &= \sum_{\theta} \left((mpe)^2 + \frac{1}{16} (\text{シリンダ誤差})^2 \right)_{\theta} \end{aligned}$$

【0093】

ここで、和は目のサンプル回転数 θ に対してとられる。

M_4 の場合、サンプル点 θ が「まっすぐな」位置からの水平方向、垂直方向または斜め方向の回転を表すか否かに依存して種々のぶれ測定値(blur measures)が使用される。これは非球面「最小接線誤差」設計法をある程度汎用化したもの

を提供し得る。

【0094】

モードM₃およびM₅はそれぞれ、「最小非点収差誤差」および「最小平均度数誤差」戦略を表す。

【0095】

さらなる実施例において、レンズの外見を表すメリット関数に項が含まれてもよい。たとえば、Mを単独で使用する代わりに、変形されたメリット関数が下記の式によって定義され得る。

【0096】

【数16】

$$M^* = M + \eta_0 \lambda^2 \left(\frac{V}{\pi r^2} \right)^2$$

【0097】

ここで $\eta \theta$ （ただし θ は下付である）はMにおいて考慮されたサンプルの目の回転数 θ を示し、 r は特定のレンズ半径であり、 V は半径 r に向かうレンズ体積である。係数 λ は平均のレンズ厚さに重みをつけるものであることがわかる。

【0098】

III 拡大および歪の低減

眼鏡レンズはそれらを通して見えた物体を縮小または拡大する。これは従来の眼鏡レンズの主面が水晶体に近接して置かれ、目の瞳孔への入口と一致しないからである。一般に、プラス度数のレンズはものを大きく見えるようにし、マイナス度数のレンズはものを小さく見えるようにする。拡大は、周辺視界における物体の認識方向を変更し、見かけの視界がレンズを通して見えた真の視界とは異なるようにする。

【0099】

拡大に加えて、眼鏡レンズはさらに、それを通して見えた物体の形状を歪ませる。まっすぐな方向を見る場合、マイナスレンズはいわゆる「バレル歪(barrel

distortion)」を引き起こし、この場合長方形の物体は周辺部で圧縮されてバレルのような四角形に見えるようになる。逆に、プラス度数のレンズは「ピンクッション歪 (pincushion distortion)」を引き起こし、四角形の角を伸張する。

【0100】

2つの効果がともに生じると、物体のサイズ、形状および位置の認識精度が低下する。眼科光学の書物は、眼鏡レンズの歪を矯正するのは実用的ではなく、拡大効果を軽減することが望ましいということについて何も触れていない。コンタクトレンズの視野に関して予想される利点の1つは、レンズが目に密着しておかれることにより拡大および歪による影響が軽減し、視野がより自然に矯正できることである。眼鏡レンズの拡大および歪の軽減は、可能であれば望ましいと思われる。

【0101】

相対的な眼鏡拡大率

遠方にある物体に対して、拡大効果は下記の式によって定義される。

【0102】

【数17】

$$\text{相対的な眼鏡拡大率} \equiv \left(\frac{1}{1 - dF'_v} \right) \left(\frac{1}{1 - \frac{tF_l}{n}} \right)$$

【0103】

ここでd (図3のd_v) はレンズの裏面から目の瞳孔の入口までの距離であり、F_vはジオプタで表した裏面頂点度数であり、tはメートルで表した厚さであり、nは屈折率であり、F_lはジオプタで表した表面度数である。

【0104】

最初の組の括弧内の式の一部分は、どれだけの拡大がレンズの度数によるものかを示すため「度数係数」と呼ばれることが多い。dが0に等しければ、度数係数は1に等しいであろう。換言すると、目と接触しているレンズの場合にはこの

度数による拡大が非常に少なく、これはコンタクトレンズの場合に言える。眼鏡レンズは目、瞼または睫との接触を回避するよう目から離れたところに位置づけられるため、この項はプラスレンズの場合には1より大きく、マイナスレンズの場合には1未満である。換言すると、プラス度数の眼鏡レンズは拡大しやすく、マイナスレンズは縮小しやすい。状況に応じて、「拡大効果」という用語は拡大および縮小の両方を表すように用いられる。

【0105】

2つ目の組の括弧内の等式の部分は通常、拡大率がレンズの厚さおよび曲率とともにいかに変化するかを示すため、「形状係数」と呼ばれる。レンズに厚みがない場合、 t は0に等しくこの項は1に等しいであろう。第3次光学の理想的な「薄いレンズ」では形状による拡大効果はない。コンタクトレンズは極端に薄く作られているため、この状況に近くなる。眼鏡レンズは損傷を回避するためかなりの厚みを持たせてあり、常に正の表面曲率を有するため、この項は常に1より大きい。換言すると、すべての正のメニスカス眼鏡レンズはそれらの形状のために拡大しやすい。

【0106】

拡大効果を排除するために、式は1に等しく設定されねばならず、このため度数係数と形状係数との積は1に等しい必要がある。プラスレンズの度数係数および形状係数はいずれも1より大きいため、それらの積は1にはならず、正のメニスカス形態のプラスレンズから拡大効果を排除することはできない。一方、マイナスレンズの度数係数は1未満であり、形状係数は1より大きいため、これらの係数を強制的に打消すことは可能である。

【0107】

これを行なうために、単位拡大についてこの式を解く必要がある。これを行なうと、下記の関係が得られる。

【0108】

【数18】

$$t = -\frac{ndF_v}{F_1(1-dF_v)} \quad (1)$$

【0109】

この式は眼鏡の拡大効果を排除するレンズの厚さを特定する。レンズの第2の主面を目の瞳孔の入口に置くとうまくいく。実用的な厚さでこれを達成するには、2つのもの、すなわちマイナスレンズ度数と著しく湾曲した曲線とが必要である。

【0110】

歪

第3次理論によると、歪は非実用的なまでに著しく湾曲したレンズにおいてしか除去できない。Jalie, M. The Principles of Ophthalmic Lenses 4th Edition p. 461を参照されたい。

【0111】

第3次理論では実際には、35ジオプタを超える裏面曲線が必要であり、これは目の瞳孔の入口付近ではほぼ同心であり、このような面は実際には非実用的である。目の瞳孔の入口付近で両方の面が同心状になる真に同心のレンズ設計では、歪は全くない。なぜなら、レンズの対称性により、斜めの物体からの光束のすべてが中央の物体からのものと同じ面傾斜に遭遇するからである。目の瞳孔付近での同心性には極端に傾斜した曲線は要求されないが、幾分平坦な曲線でも瞳孔の入口に近接して置かれた主面を有するレンズと組合せた場合には歪が飛躍的に低減されることを見出した。これはマイナス度数のレンズの縮小を低減するように設計されたレンズによって行なわれ、この結果、目の回転中心周りにほぼ同心状に配置されたレンズが得られる。

【0112】

実際に、目の回転中心周りでレンズを同心状に配置することは非常に望ましい。なぜならこれにより、周辺視界にある物体を見ようとしたときに目に対するレンズの対称性が改善され、その結果解像度が改善されるからである。レンズの一方の面が目の回転中心周りで同心状に配置されることを厳密に要求するならば、

歪を実際に除去する厚さを導出することができる。この場合、レンズ厚さに関する特定の形式の式が必要である。

【0113】

たとえば、その表面が目の回転中心の周りで同心状に配置されたレンズの場合、表面の半径、着用距離、屈折率、裏面頂点度数、および目の回転中心から瞳孔の入口までの距離によって t を求めることができる。この場合、

【0114】

【数19】

$$t = \frac{[F_v(r_l - K_c + k_1) - 1] + \sqrt{(F_v(r_l - K_c + k_1) - 1)^2 - 4F_v^2 d_f k_1}}{F_l(1 - dF_v)}$$

ただし

$$k_1 = \left(\frac{nr_l}{n-1} \right)$$

(2)

【0115】

はレンズの形状係数であり、 r_l = 表面の半径であり、 d_f = レンズの表面から瞳孔の入口の面までの距離であり、 K_c は、図3に示されるように目の回転中心から目の瞳孔の入口までの距離である。

【0116】

図17(a)から図17(c)はこの種の設計の利点を示す。図17(a)は、グリッドが使用者の左右に45°延びるように、ある大きな距離をおいて見たときに見える大きなグリッドを表す。図17(b)は従来の-5.00Dレンズを使用する人が見る物、の計算されたイメージであり、グリッドは小さく見え形状が歪んでいるように見える。図17(c)は上記式に従って歪を排除するよう設計されたレンズの使用者に見える計算されたイメージを示す。このイメージは元の物体とほぼ同一のものに見える。

【0117】

IV レンズの製造

本件に従う眼科レンズ素子は適切ないかなる材料から作られてもよい。ポリマー材料が用いられ得る。ポリマー材料はいかなる適切なタイプのものであってもよい。ポリマー材料はポリカーボネートタイプなどの熱可塑性材料またはジアリルグリコールカーボネートなどの熱硬化性材料を含んでもよく、たとえばCR-39 (PPG Industries) が用いられてもよい。

【0118】

ポリマー品は、たとえばその開示全体が引用によって援用される米国特許第4,912,155号または米国特許出願連続番号第07/781,392号に記載されているように、架橋し得るポリマーキャスト組成物(polymeric casting composition)から形成されてもよい。

【0119】

ポリマー材料はたとえばフォトクロミックダイを含むダイを含み得、これがポリマー材料を生成するために使用されるモノマー配合に添加され得る。

【0120】

本件に従う光学レンズ素子は、エレクトロクロミックコーティングを含む付加的な標準コーティングを表面または裏面にさらに含み得る。レンズ表面は反射防止加工 (AR) コーティングを含んでもよく、これはたとえば開示全体が引用によって援用される米国特許第5,704,692号に記載されるタイプのものでもよい。サングラスのレンズを作ったり、または所望の外見を与えるため、部分的な反射コーティングがレンズに付与されてもよい。レンズの表面は、これに代えて、またはこれに加えて、開示全体が引用によって援用される米国特許第4,954,591号に記載されているタイプのものである磨耗防止コーティングを含んでもよい。

【0121】

表面および裏面は、反応抑制剤、たとえば上述のサーモクロミック (thermochromic) およびフォトクロミックダイ (photochromic dye) を含むダイ、偏光剤 (polarizing agent)、UV安定剤 (stabilizer)、および屈折率を変更し得る材料などのキャスト組成物に従来から用いられている1つまたは2つ以上の面処理材料を含んでもよい。

【0122】

図18は、本発明の教示に従うレンズ素子の製造に適する金型を示す。金型は表金型部分300と、裏金型部分302と、閉フランジ部分304とを含む。レンズ素子は、ポート308に液体レンズ材料を注入することにより、金型間のキャビティ306に形成され得る。ポート310から空気が逃げる。レンズ素子が硬化すると、金型のうち半分が離される。レンズ素子は金型から取り出されるときにラジアルフランジ312を有しており、これは後の処理時に取り外される。

【0123】

V レンズ設計例の計算された性能

例1

表1は、本発明に従って作られたポリカーボネートレンズと従来の低ベースカーブレンズとの、計算された性能の比較を示す。

【0124】

【表1】

	同心形状	従来
屈折率	1.586	1.586
度数	-3.00	-3.00 ジオプタ
厚さ	2.0	mm で表わされた 2.0
表面曲率 (1.530 工具インデックス)	16.00	4.00 ジオプタ
表面半径	33.1	132.5mm
表面の光学度数	17.7	4.4 ジオプタ (1.586 インデックスのため 高い)
軸方向の拡大率	0.97	0.96
見かけの視界	130	図 10 (a) のエッジ外形の場合 105°
30° の目の回転での光学値		
歪	-1.10%	-3.10%
非点収差	0.02	0.17 ジオプタ
平均度数誤差	0.07	0.025 ジオプタ
二乗平均度数誤差	0.07	0.09
色収差	0.11	0.16 プリズムジオプタ

【0125】

例 2

図 19 は、対応の低ベースカーブ Sola Perma-Poly (商標) 保管レンズ (それぞれ図 19 (b)、図 19 (d) および図 19 (f)) を有する -6 D、-3 D および +3 D 度数 (それぞれ図 19 (a)、図 19 (c) および図 19 (e)) の著しく湾曲した一連の球状レンズ素子を計算して比較した値を示す。

【0126】

著しく湾曲した球状レンズ素子は、レンズ断面 400 として示されるように 16 D の球状表面と基本的に同一である。一般に、著しく湾曲した球状レンズ素子により周辺歪が改善される。図 19 (a) および図 19 (c) のレンズはさらに、マイナス処方において低い二乗平均度数誤差を示す。

【0127】

例 3

図20は、16D表面－3D透視度数および－2の裏面シリンダ矯正が付与された著しく湾曲した2つの球状レンズを計算して比較するものを示す。

【0128】

図20(a)のレンズは従来のドーナツトーラス裏面(donut torus back)を有し、図20(b)のレンズは上記のタイプの全円形メリジアン裏面を有する。後者の方が二乗平均度数誤差が優れており、幾分歪が改善されている。

【0129】

例4

最後の組の例(図21および図22)では従来のベースカーブプログレッシブレンズと本発明に従うプログレッシブレンズとして比較するものを示す。

【0130】

図21は、従来の湾曲したSola XLプログレッシブレンズの遠視野特性と、著しく湾曲した(16D)ベースカーブを有するレンズ素子に類似したプログレッシブ形式のものが置かれたレンズとを比較する。

【0131】

図22は、Sola XLプログレッシブレンズと図21に示される著しく湾曲したレンズとの近視野特性を比較する。

【0132】

概して、本発明に従って作られたプログレッシブレンズは、使用位置で使用者の回転中心とおよそ同心状に配置された著しく湾曲した基準球体または球状シェルによって特徴づけられる。このようなレンズは、遠視野用の上観察ゾーンと、近視野用上観察ゾーンよりも高い度数を有する下観察ゾーンと、上ゾーンと下ゾーンとをつなぐ中間ゾーンとを有し、上ゾーンと下ゾーンとの間で度数は変化し、比較的低い面非点収差のコリドー(corridor)を含む。

【0133】

1つの実施例において、著しく湾曲した基準球体は、上観察ゾーンの中央部分の表面に対応する。別の実施例において、プログレッシブ面はレンズの表面にあり、約2mm未満の厚さの、著しく湾曲した球状シェル内にある。いずれの実施例でも、シェルまたは基準球体の曲率半径は50mm未満であり、好ましくは約

30mmと35mmとの間であり、最も好ましくは約33mm±約2mmであり得る。プログレッシブレンズの適切な表面設計はたとえば、1997年7月10日に出願された出願人の特許出願連続番号第081782, 493号であり、現在米国特許第5861935Aであるものに示される。

【0134】

VI 嵌められたレンズおよび眼鏡フレーム

本発明に使用される眼鏡フレームは、図3に示されるおよその位置において、本発明のレンズを保持するように適合される。眼鏡フレームは縁なしであるか、部分的に縁取られているか、または全体が縁取られていてもよい。

【0135】

好ましい実施例において、レンズは、眼鏡フレームに取付けられると、本質的に傾斜したりラップ角(wrap angle)を示したりしない。眼鏡フレームは、レンズの光軸の位置を、使用者のまっすぐな視野の軸に対応するよう変更するための、調節可能な機構を含んでもよい。

【0136】

図23は、本発明のレンズ402および404ならびに眼鏡フレームを含むアイウェア400を示す斜視図である。レンズの形状により外見的に好ましい物体が得られる。図23の眼鏡フレームは縁部分406とテンプル部品408および410とを有して示される。各レンズを囲む眼鏡フレームの縁は、レンズの著しく湾曲した基準球体の、またはその付近の閉曲線に対応するように適合される。処方範囲にわたってこの曲率が一貫していることにより、単一フレームまたはフレーム設計がこの範囲でのいかなる処方に対しても適合されるようになる。

【0137】

図24は、使用者の顔に着用された場合の、図23に示されるアイウェアの側方立面図である。図は、レンズの著しく傾斜した曲率およびレンズエッジの複雑な3次元形状により得られる使用者の外見に関する別の局面を示す。図はまた、比較的小さなレンズにより広い視野および目に対する優れた保護が提供されることを示す。

【0138】

図25は本発明に従うアイウェア実施例412を前方から見た図であり、発明のいくつかの機械的局面を示す。図25の実施例の眼鏡フレームはノーズブリッジ414ならびに蝶番式テンプル部品416および418を含む。これらの構成要素を併せると、3部材の縁なし眼鏡フレームが得られる。

【0139】

テンプル部品416および418は蝶番420および422と、取付タブ424および426とを含む。好ましい実施例において、タブ424および426はレンズの球状表面に取付けられる。これらの取付面は、処方された透視度数およびレンズのシリンダ矯正に関係なく、フレームに対して一貫した位置に、かつ一貫した角度関係で置かれることを理解されたい。同様に、ノーズブリッジ414のタブ428および430はレンズのそれぞれの表面エッジに表面取付けられ得る。

【0140】

ノーズブリッジ414は図25(a)において断面図で示される。有利には、ノーズブリッジは種々の使用者に通常見られる種々の瞳孔距離(図3の P_D)を補償するための調節可能な長さを有して作られる。この調節可能な特徴により、レンズの光軸が使用者の両目の視野軸と整列するようになる。この調節可能な特徴を生み出すのに適切な1つの機械的構造が図25(a)に示され、移動または柔軟性構造の他の組み合わせをこの目的に適合できることを理解されたい。図25(a)の実施例では、タブ428および430の各々が、それぞれ部材432および434によって保持され、これらは管436の両端に挿入される。止めねじ438および440は部材432および434を定位置に保持する。止めねじは、管の中で部材432および434を種々の位置まで摺動させることによりノーズブリッジの長さを調節可能にするよう緩めることができる。

【0141】

したがって、著しく傾斜した球状曲率を有する優れた光学品質の新規なレンズ素子が、処方された透視度数およびシリンダ強制によって提供され、眼鏡フレームに取付けられ、それとともに使用されるように適合される。

【0142】

本発明をさまざまな実施例および例に関連して説明した。しかしながら、保護されるべき発明は前掲の特許請求の範囲および法律において認識されるその等価物によって規定される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 チェルニング楕円を示す図である。

【図2】 先行技術の高プラス度数「ロトイド(rotoid)」レンズを示す断面図である。

【図3】 人間の1対の目と、本発明の好ましい実施例に従って構成されたレンズとを示す上方から見た断面図である。

【図4】 本発明の教示に従って作られた一連のレンズ素子の特性を示すモリスースプラット図である。

【図5】 特殊な場合に関するチェルニング(Tscherning)楕円の一部分が上に置かれた状態の、本発明に従って選択された前曲線および透視度数範囲を示す図である。

【図6】 (a)、(b) および (c) は、本発明の実施例のレンズ素子のジオメトリのさまざまな局面を示す概略図である。

【図7】 本発明の実施例のレンズ素子のジオメトリのさまざまな局面を示す概略図である。

【図8】 本発明の実施例のレンズ素子のジオメトリのさまざまな局面を示す概略図である。

【図9】 本発明の実施例のレンズ素子のジオメトリのさまざまな局面を示す概略図である。

【図10】 6ベース従来レンズと本発明のレンズおよびレンズ素子の例を視界について比較する図である。

【図11】 (a) および (b) は、図11 (c) に示される主メリジアンを有する著しく湾曲した球状レンズに付与された場合の、従来のドーナツおよびバレルトーリックの面非点収差を示す図である。

【図12】 (a) から (d) は、図11のドーナツおよびバレルトーリックの極角度(polar angle)の関数として、接線およびサジタル面度数を示すグラ

図である。

【図13】 本発明の全円形メリジアンの極角度と平均トーリック面との関数として接線およびサジタル面度数を示すグラフである。

【図14】 本発明の全円形メリジアンの極角度と平均トーリック面との関数として接線およびサジタル面度数を示すグラフである。

【図15】 本発明の教示を採用するレンズ素子面の面非点収差を示す輪郭プロット図である。

【図16】 本発明の教示を採用するレンズ素子面の面非点収差を示す輪郭プロット図である。

【図17】 (a)、(b) および (c) は物体のグリッドおよびその画像を示す図である。

【図18】 本発明の実施例のレンズ素子を製造するために用いられる金型を示す、側方から見た断面図である。

【図19】 3つの従来の低ベースレンズと、本発明に従う著しく湾曲した3つのレンズ素子とについて計算された、二乗平均度数誤差、歪および光線追跡グリッドを示すプロット図である。

【図20】 従来のトーリック裏面を有する著しく湾曲したレンズおよび全円形メリジアン裏面について計算された二乗平均度数誤差、歪および光線追跡グリッドを示すプロット図である。

【図21】 従来の6Dベースプログレッシブレンズと、本発明に従う16Dベースプログレッシブレンズとを比較する輪郭プロット図である。

【図22】 従来の6Dベースプログレッシブレンズと、本発明に従う16Dベースプログレッシブレンズとを比較する輪郭プロット図である。

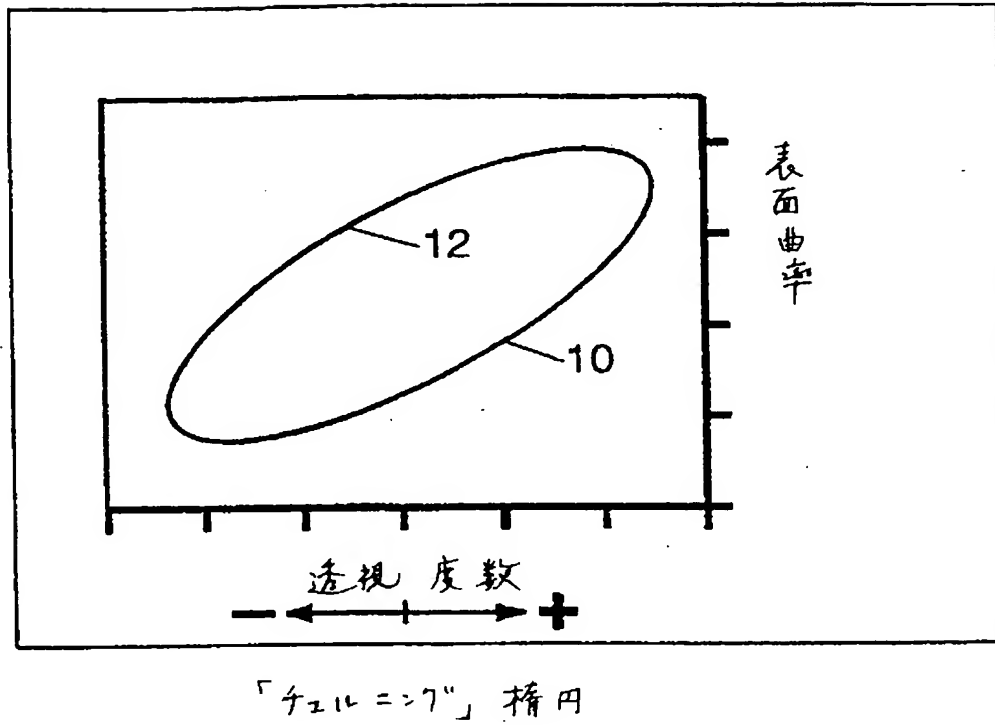
【図23】 本発明のレンズ素子およびそれに使用するための眼鏡フレームの外見、エッジ加工およびガラス嵌めに関するさまざまな局面を示す図である。

【図24】 本発明のレンズ素子およびそれに使用するための眼鏡フレームの外見、エッジ加工およびガラス嵌めに関するさまざまな局面を示す図である。

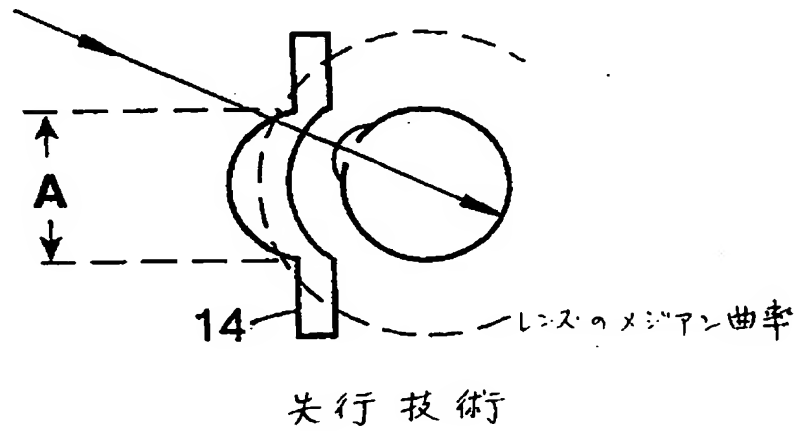
【図25】 本発明のレンズ素子およびそれに使用するための眼鏡フレームの外見、エッジ加工およびガラス嵌めに関するさまざまな局面を示す図である。

(44)

【図 1】



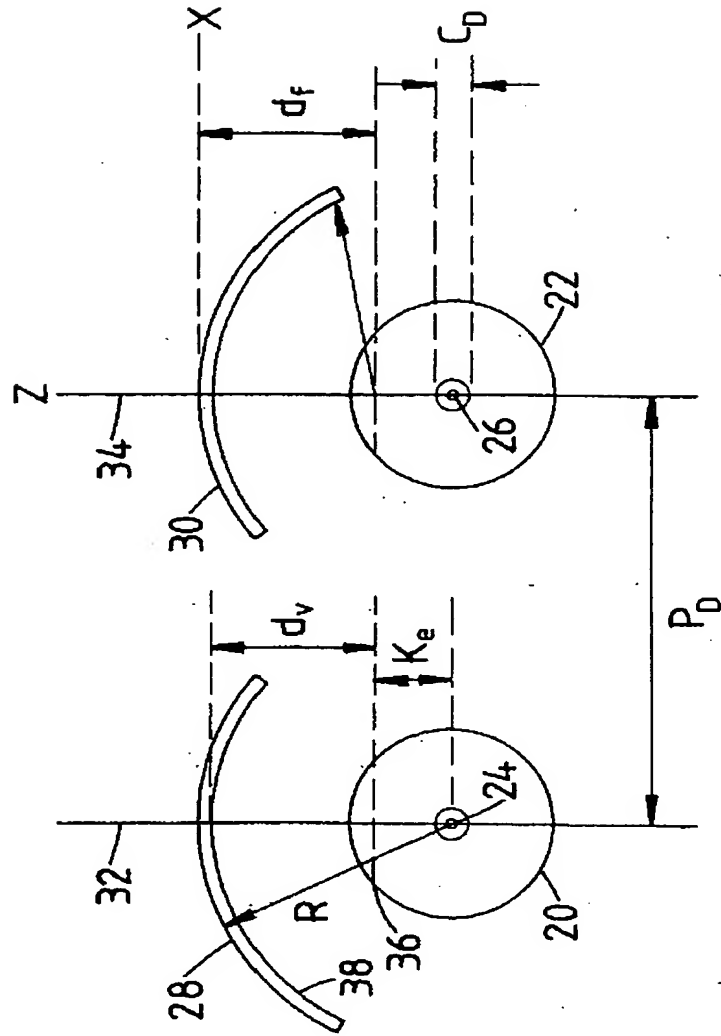
【図 2】



(45)

【図 3】

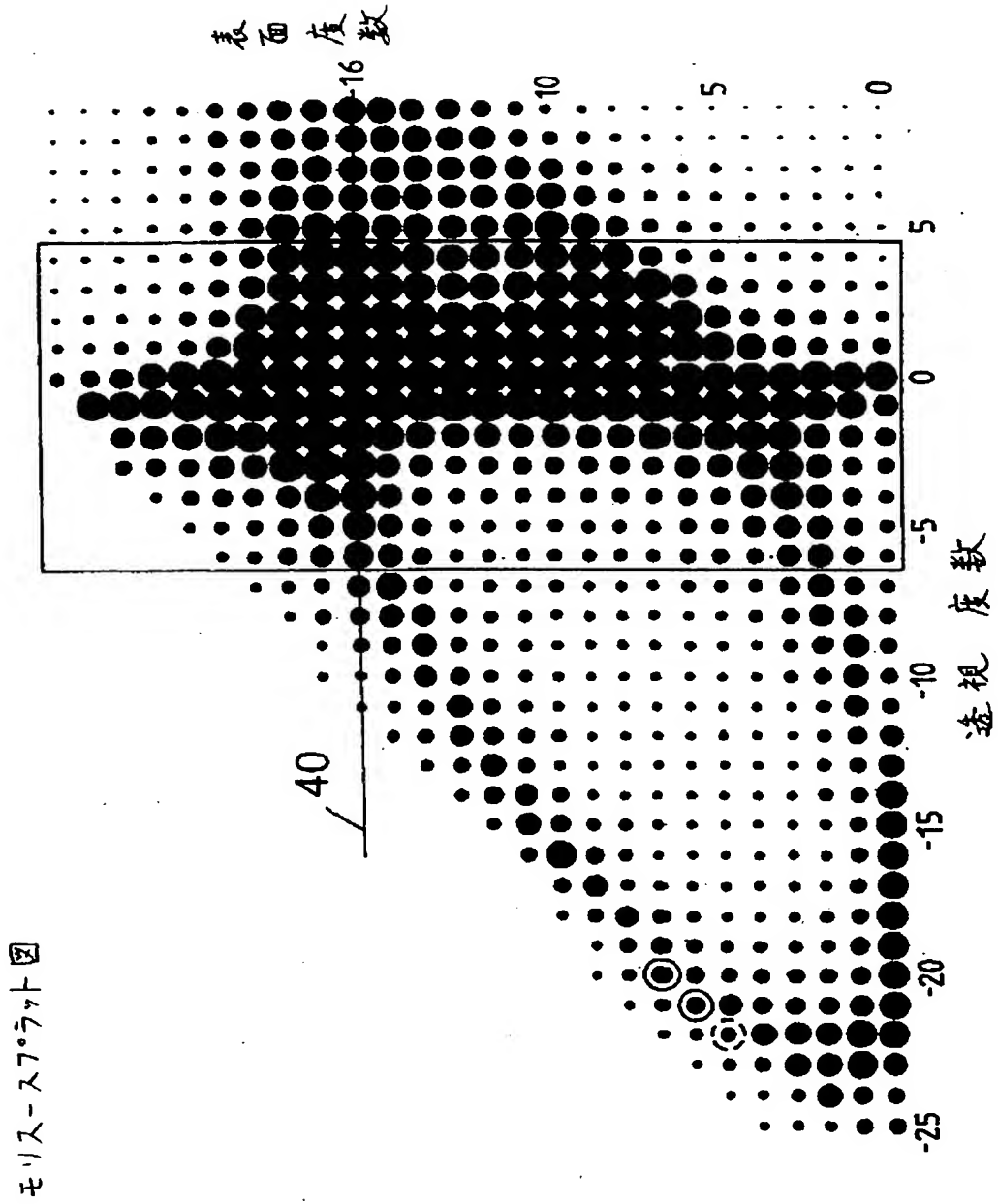
FIGURE 3



BEST AVAILABLE COPY

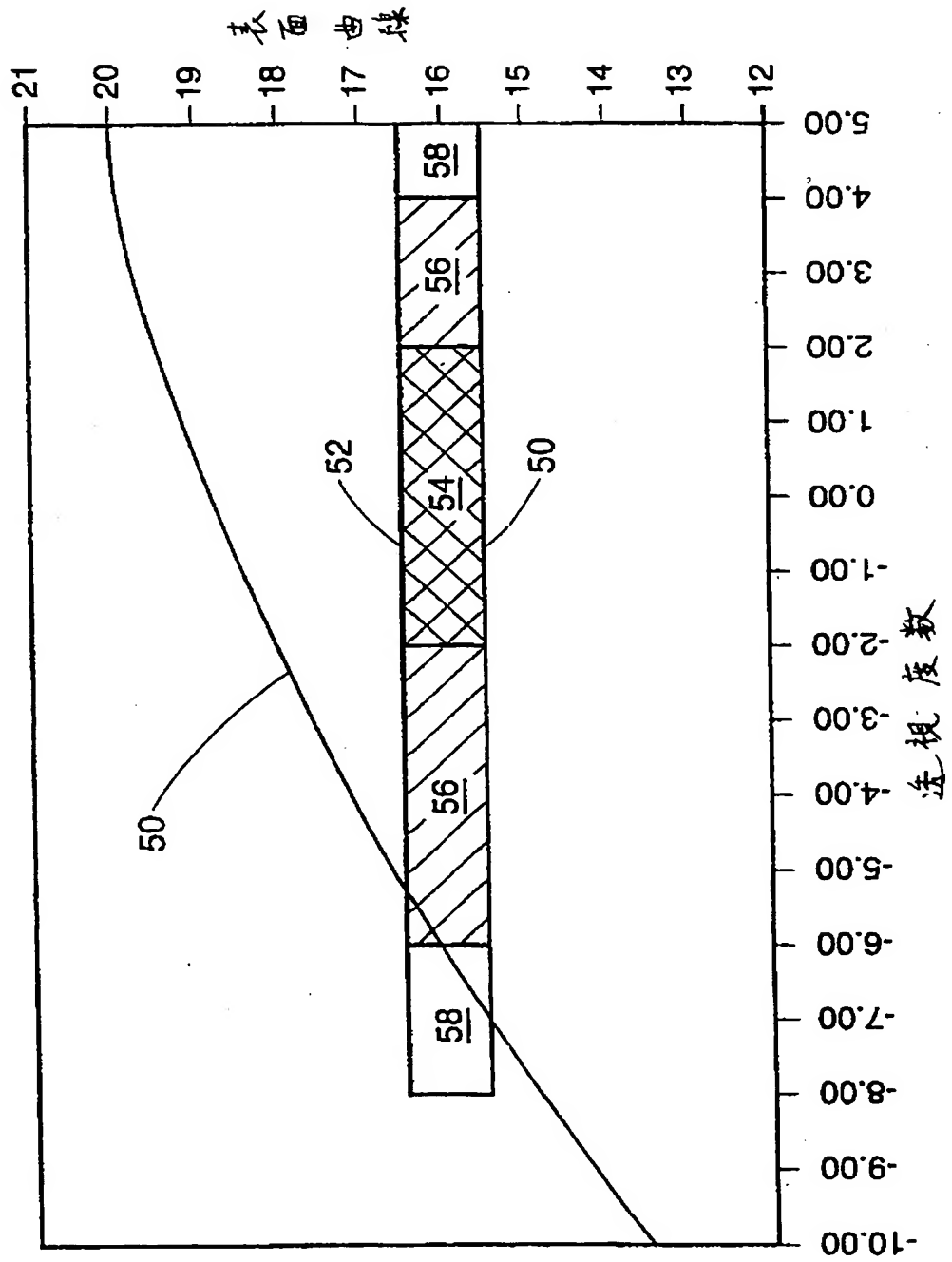
(46)

【図4】



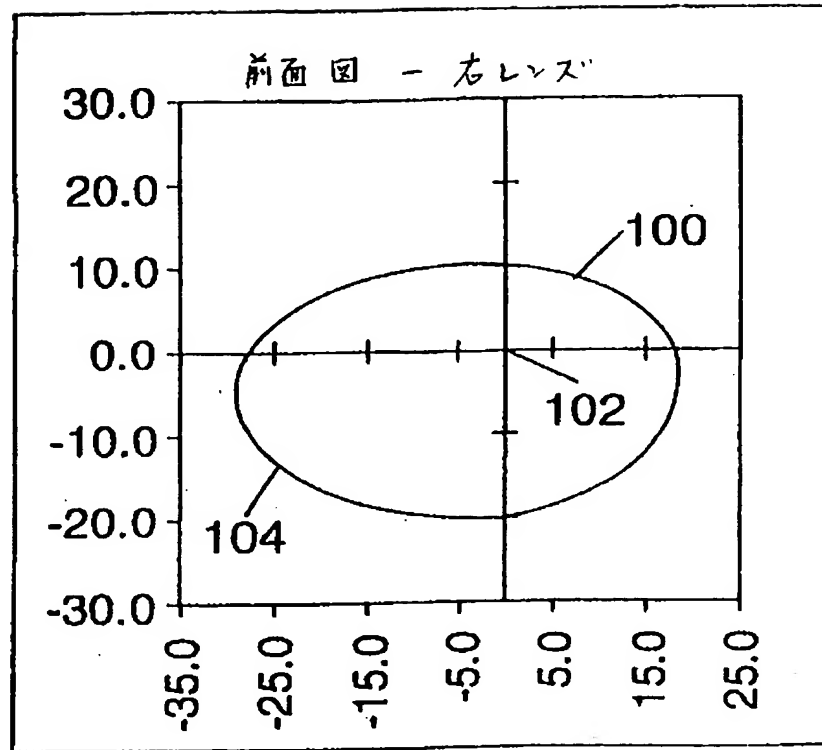
(47)

【図 5】

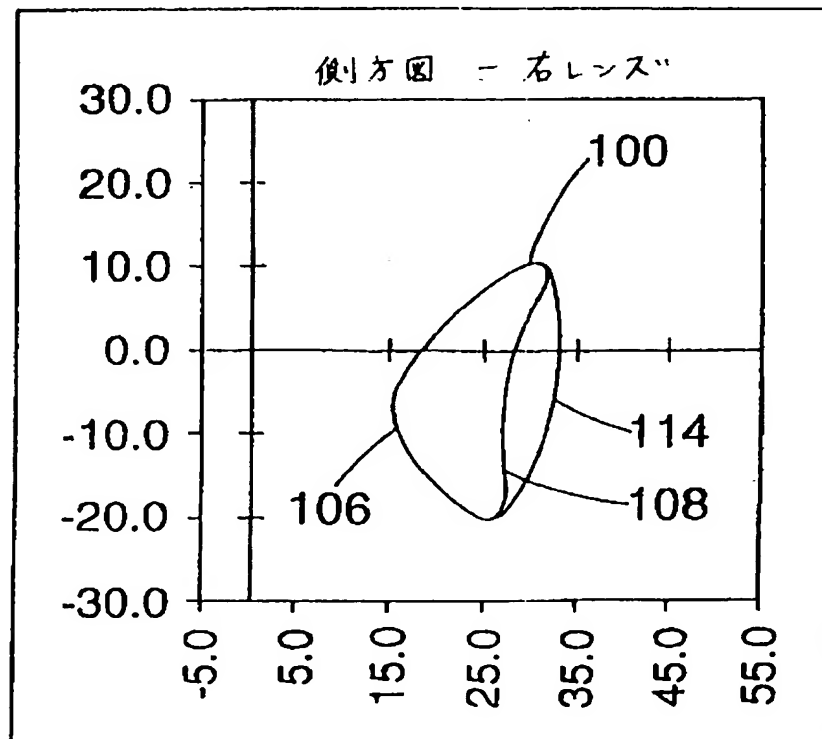


(48)

【図6a】

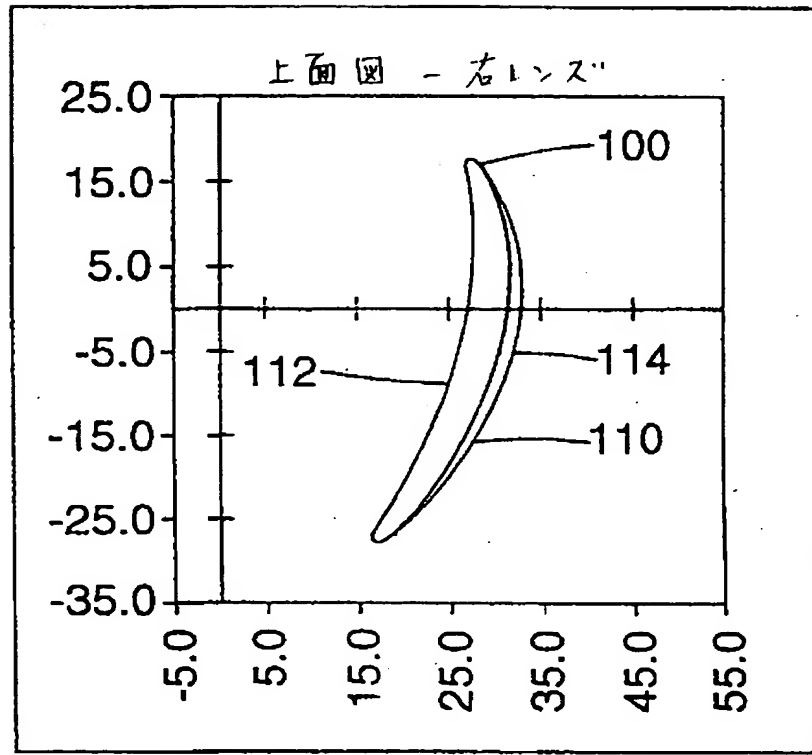


【図6b】



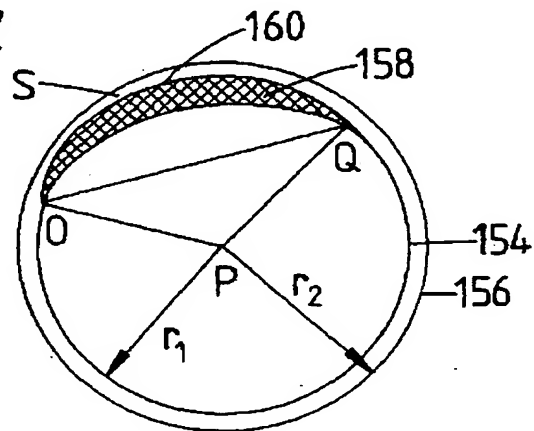
(49)

【図6c】



【図7】

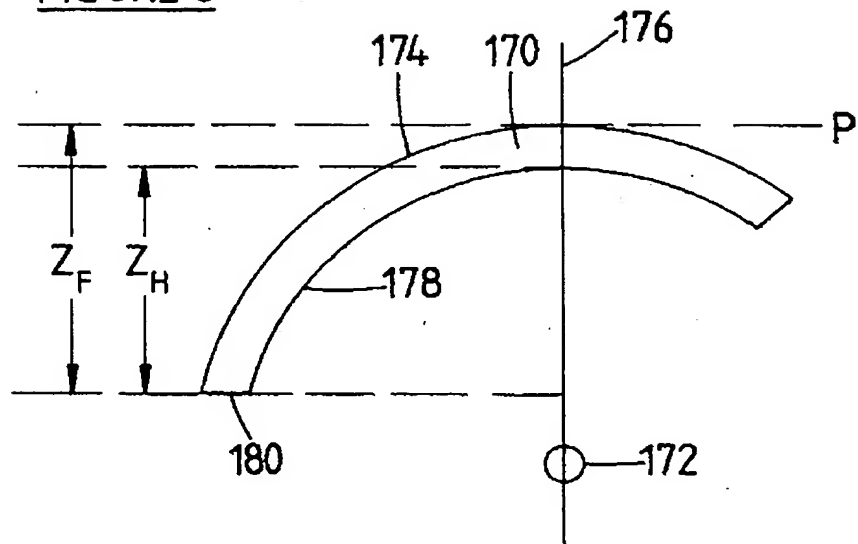
FIGURE 7



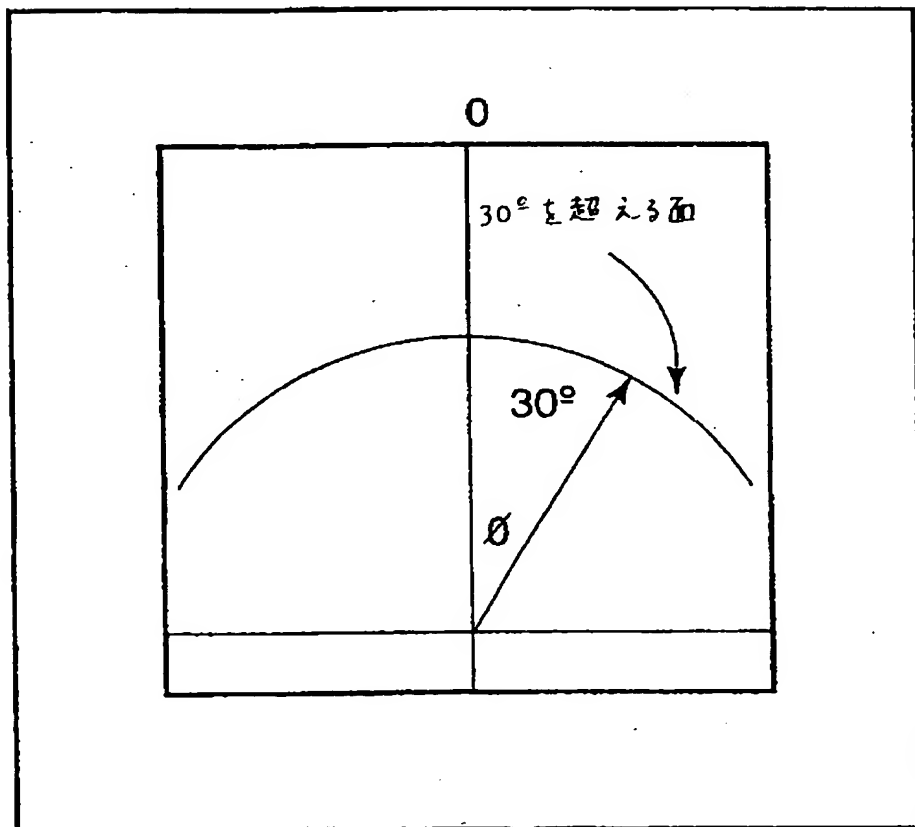
(50)

【図 8】

FIGURE 8

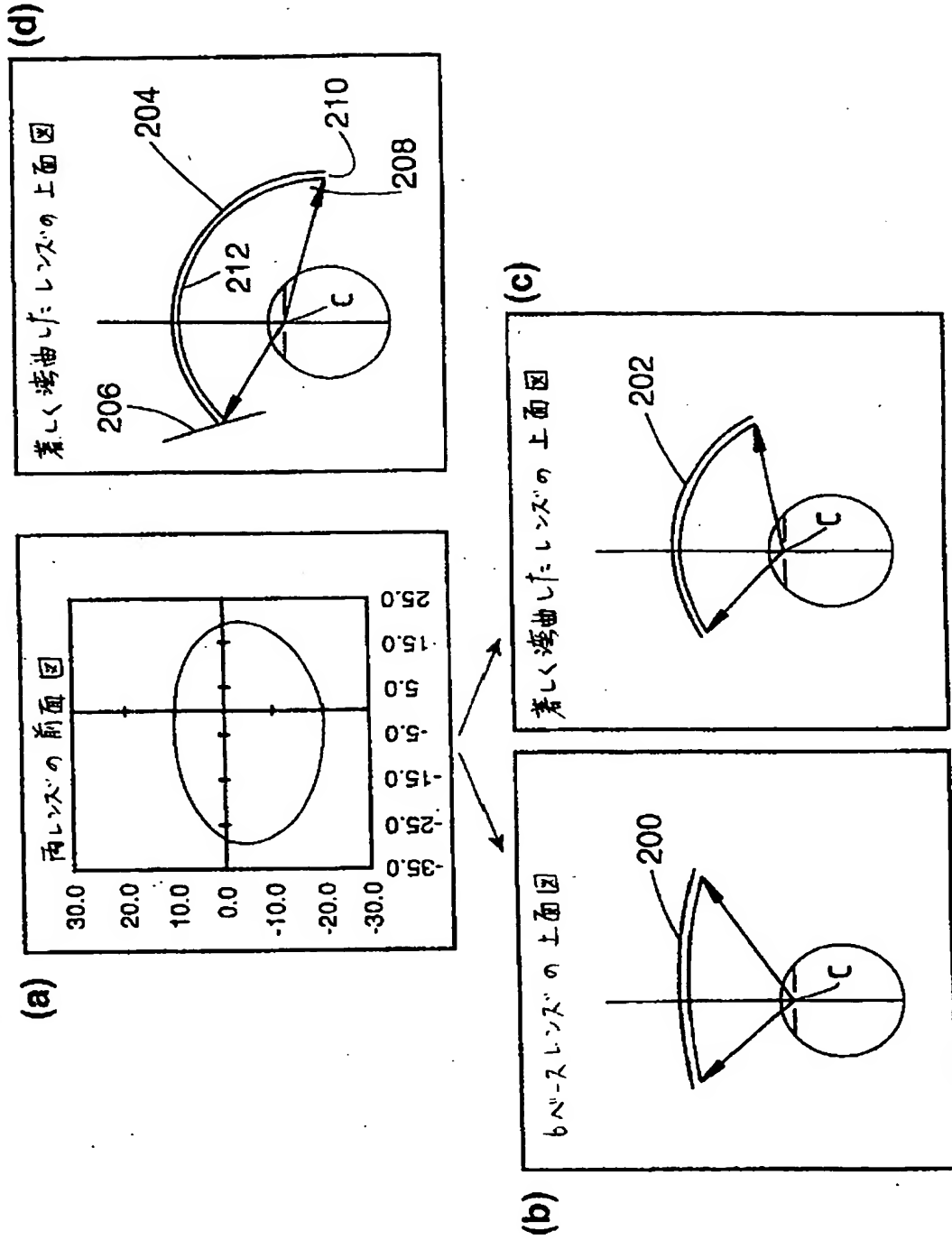


【図 9】



(51)

【図 10】

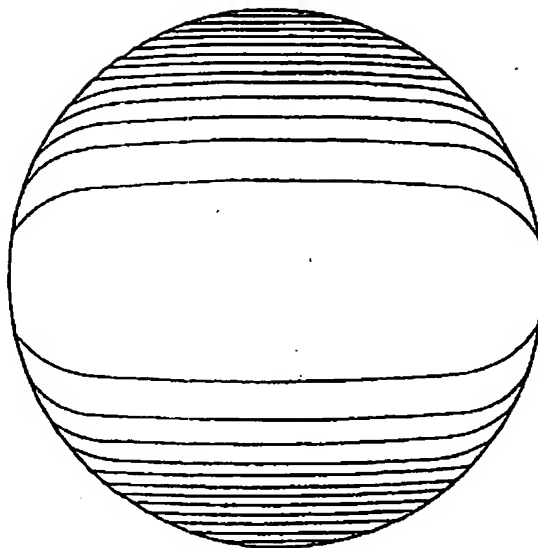


(52)

【図11a・b】

(b)

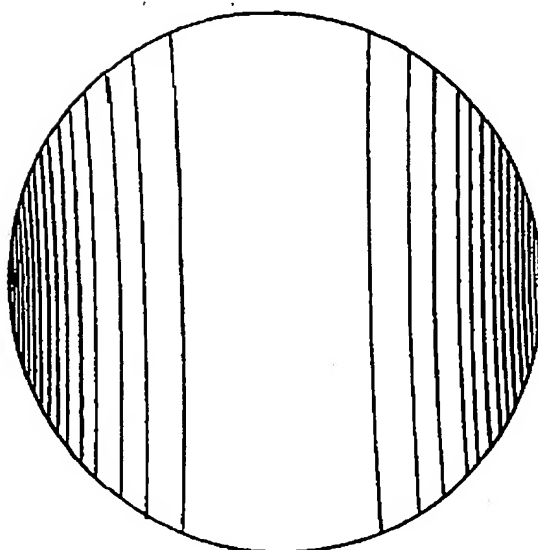
ハシリ



面非点収差

(a)

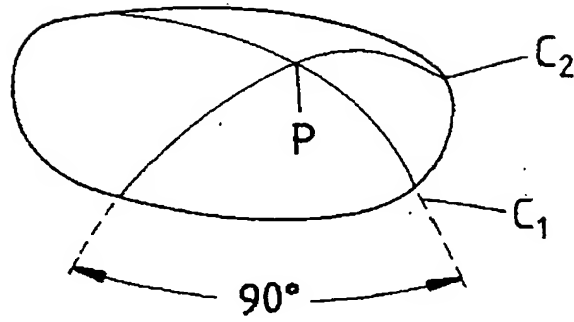
シヤ
ー
シ



(53)

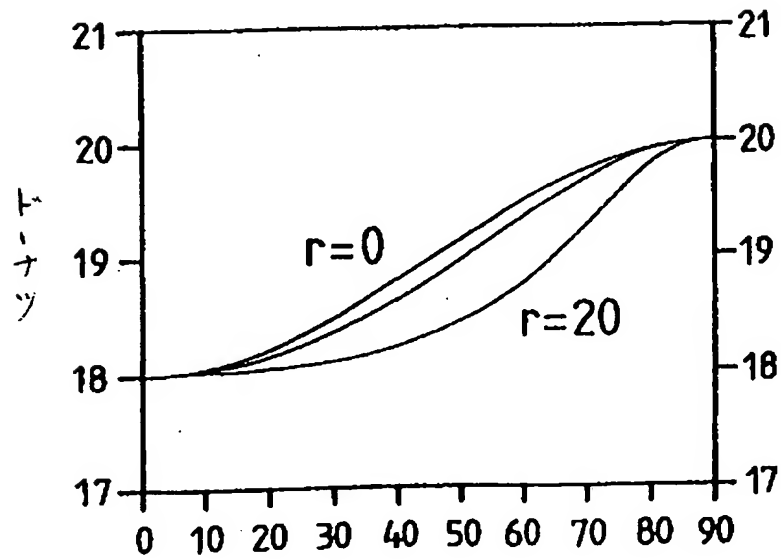
【図 11 c】

FIGURE 11(c)



【図 12 a】

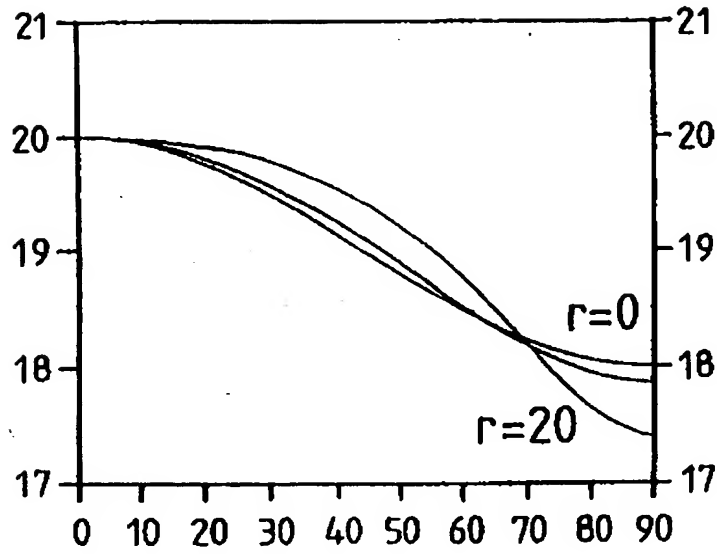
接線



(54)

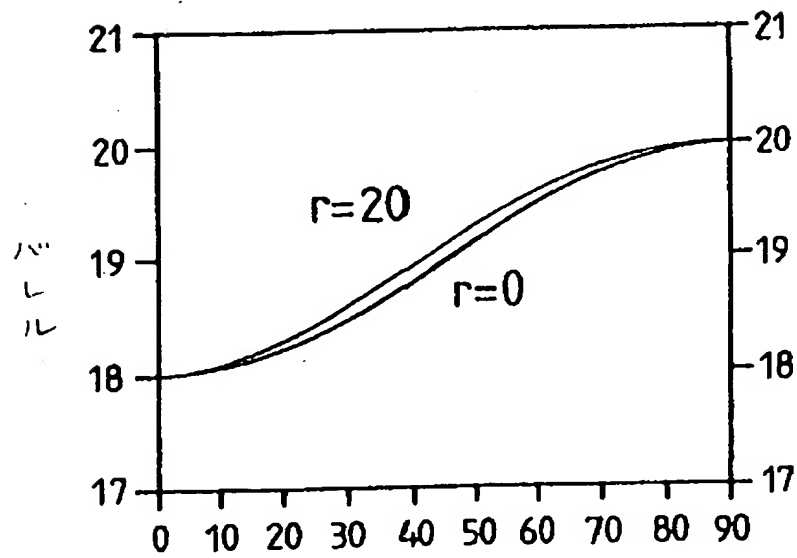
【図12b】

サジタル



【図12c】

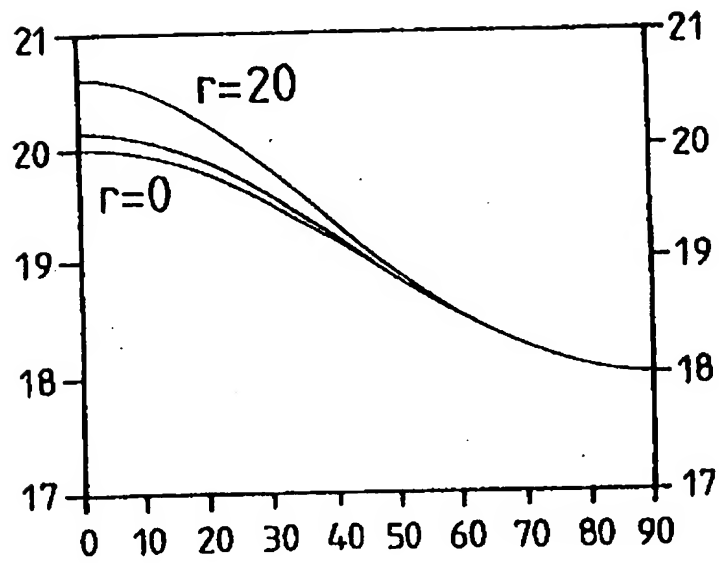
接線



(55)

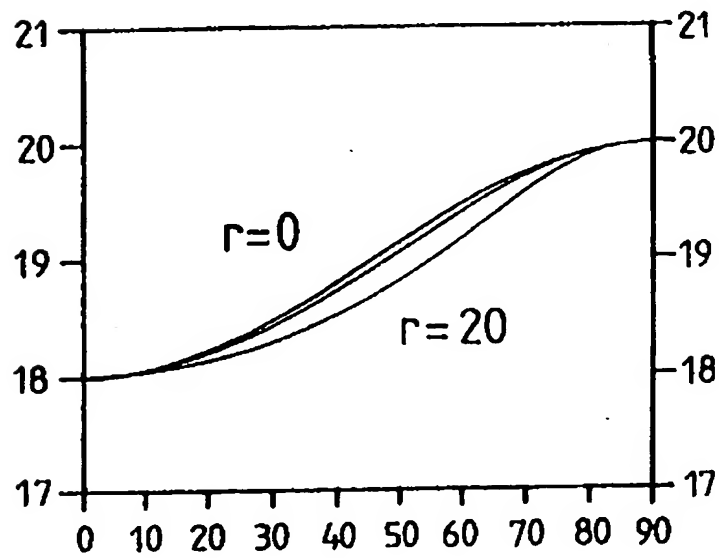
【図12d】

サジタル



【図13a】

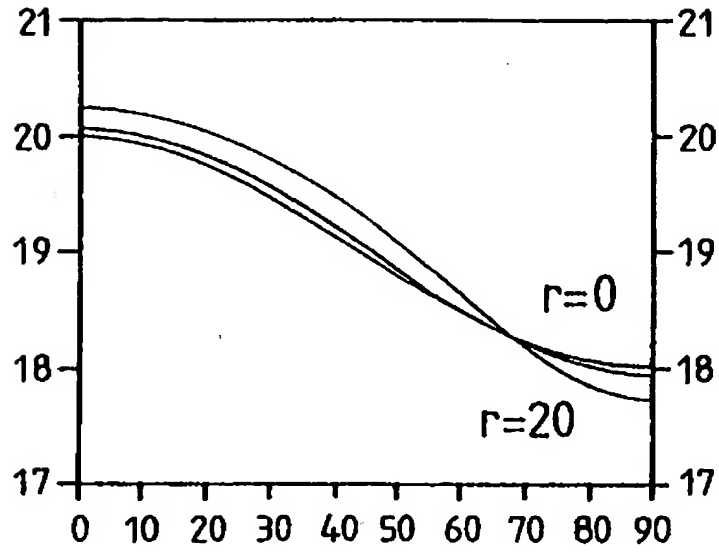
接線



(56)

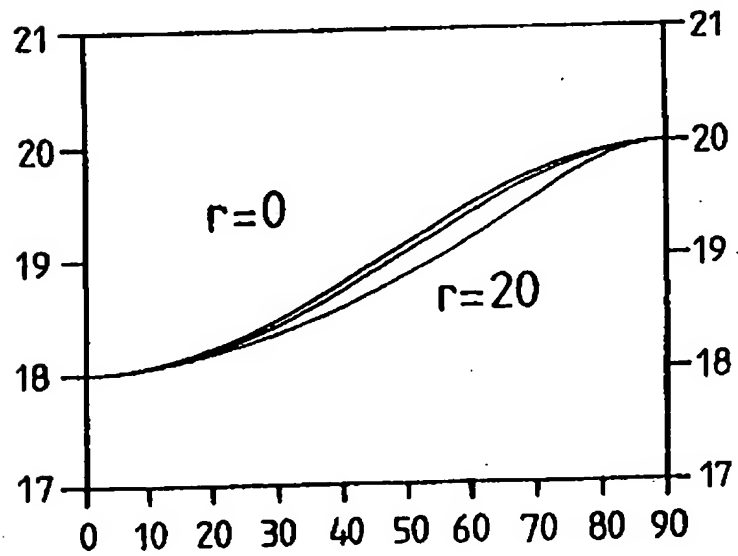
【図13b】

サジタル



【図14a】

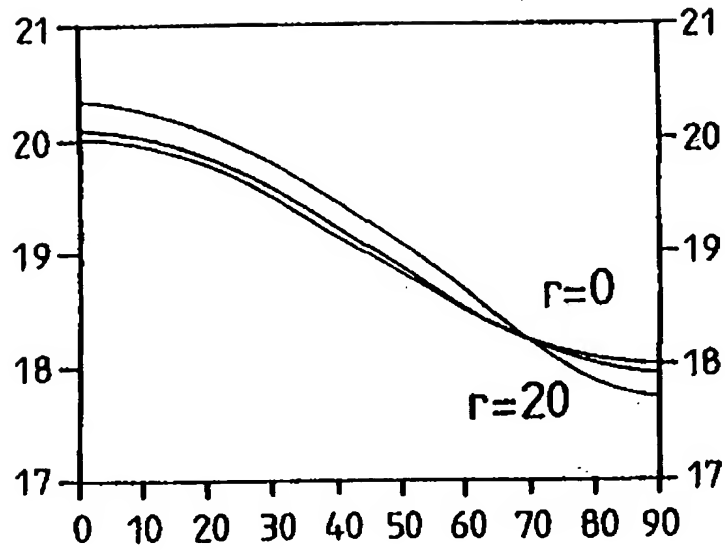
接線



(57)

【図 14 b】

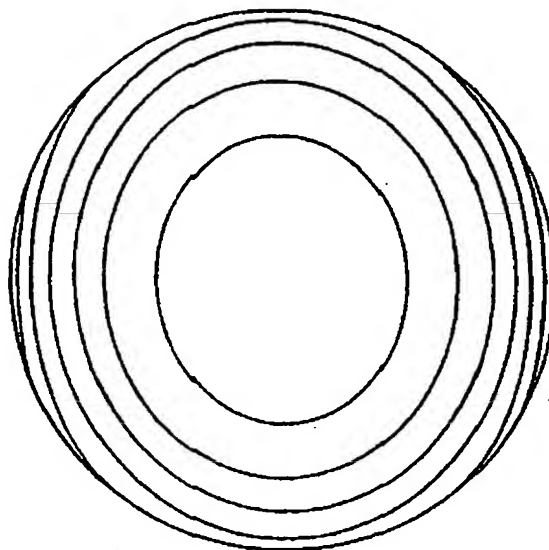
サジタル



(58)

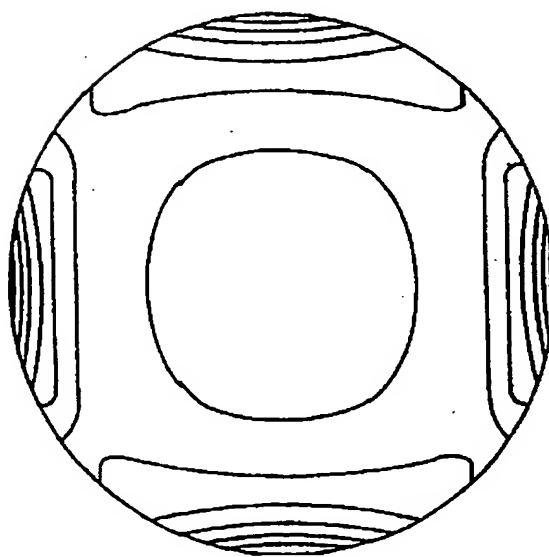
【図15】

円形×リジアン



面非点収差

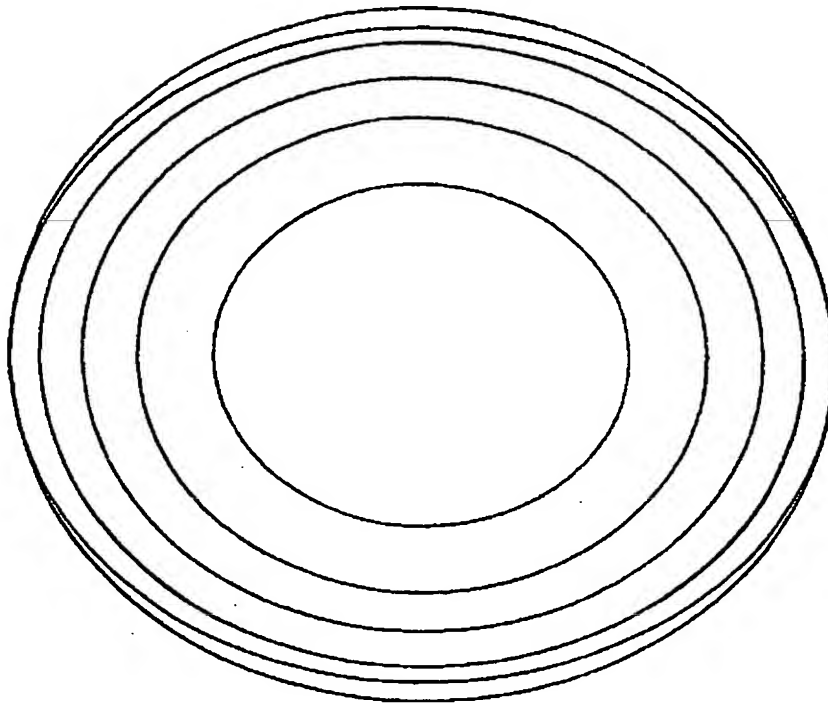
平均トーリック



(59)

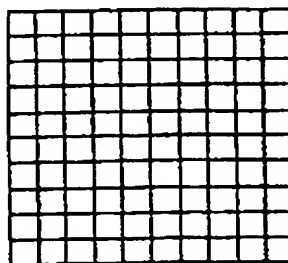
【図 16】

面 非点 収 差
円形 メリジアン
1 の 余 分 係 数



【図 17 a】

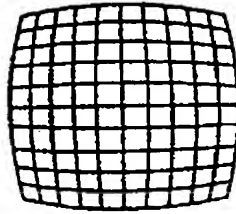
物体のグリッド



(60)

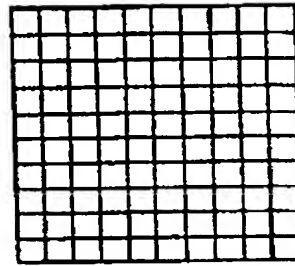
【図17b】

-5.00 従来レンズを通して
見たイメージ

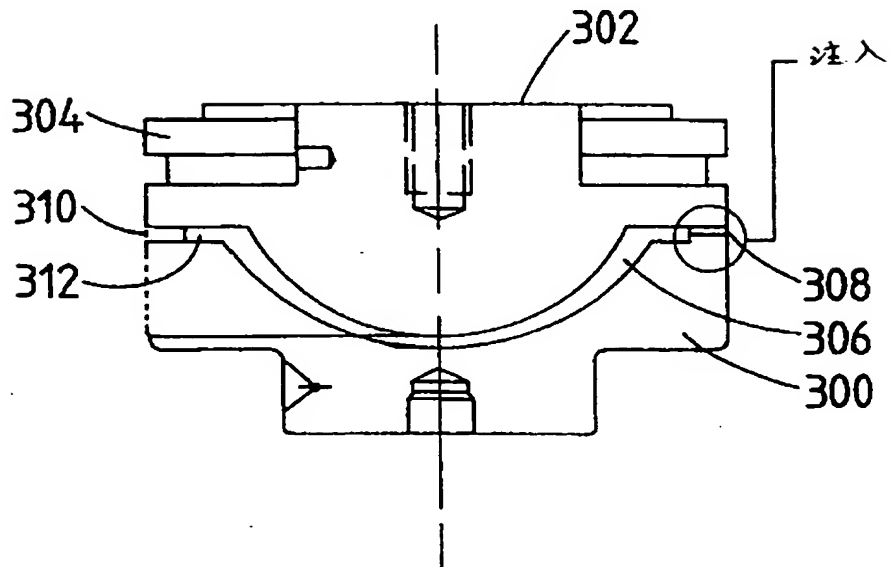


【図17c】

-5.00 歪矯正レンズ
を通して見たイメージ

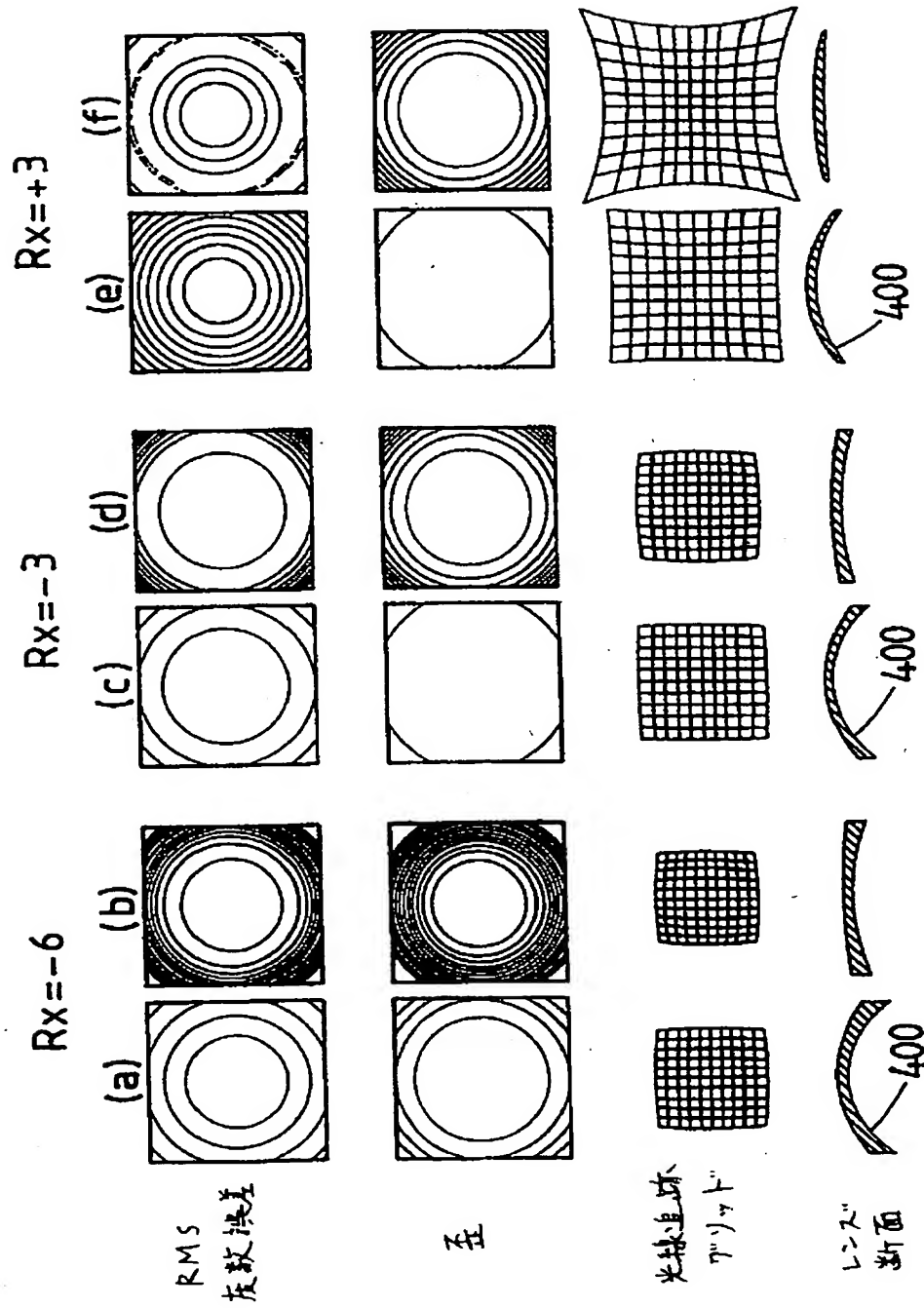


【図18】



(61)

【図19】



(62)

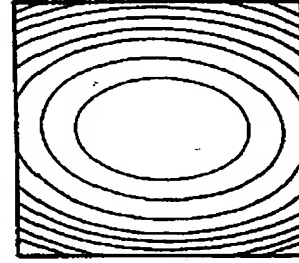
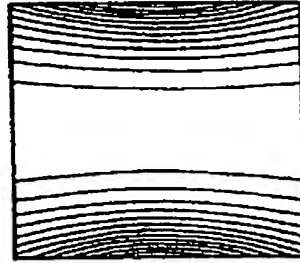
【図20】

 $R_x = -3, \text{cyl} = -2$

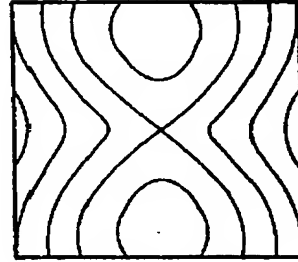
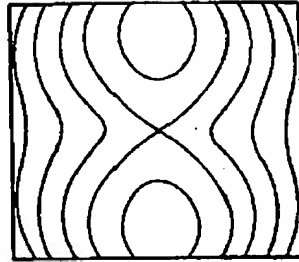
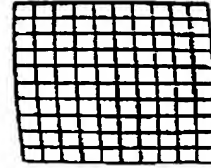
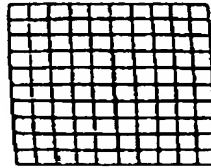
(a)

16 ジョウブ表面

(b)

従来のドーナツ
トラス表面全円形メソジアン
表面RMS
度数換差

歪

光線追跡
グリッド

(63)

BEST AVAILABLE COPY

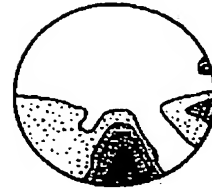
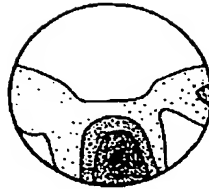
【図 21】

XL フォログレッシブ
Rx=+2.00D
遠視野

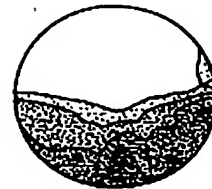
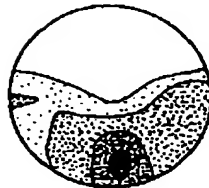
6 ベース

同心球状
表面

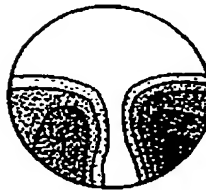
平均度数誤差



RMS 度数誤差



非点収差



レンズの形状



レンズ
データ

フォログレッシブ表面
球状 表面
表面 = 6.00D @ 1.530
Rx = 2.00D
インデックス = 1.530

フォログレッシブ表面
球状 表面
表面 = 16.0D @ 1.530
Rx = 2.00D
インデックス = 1.530

(64)

BEST AVAILABLE COPY

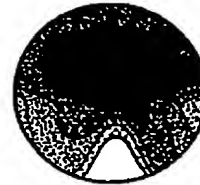
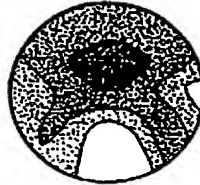
【図22】

XL フォークレス
Rx=+2.00D
近視野

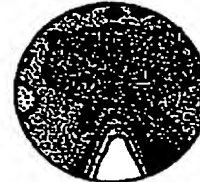
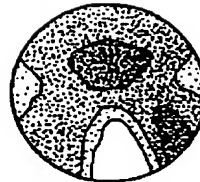
ベース

同心球状
表面

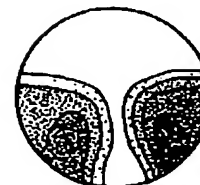
平均度数誤差



RMS 度数誤差



非点収差



レンズの
形状



レンズデータ

フォークレス表面
球状表面
表面 = 6.00D @ 1.530
Rx = 2.00D
インデックス = 1.530

フォークレス表面
球状表面
表面 = 16.00D @ 1.530
Rx = 2.00D
インデックス = 1.530

(65)

【図 23】

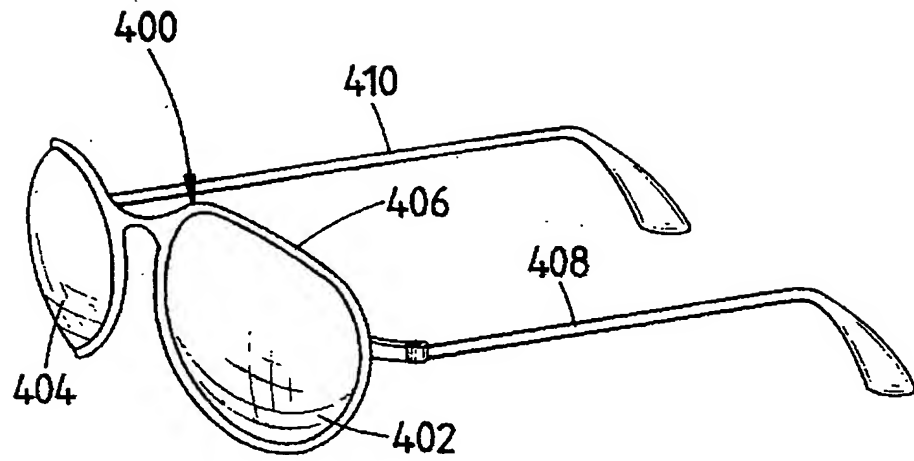


FIGURE 23

【図 24】

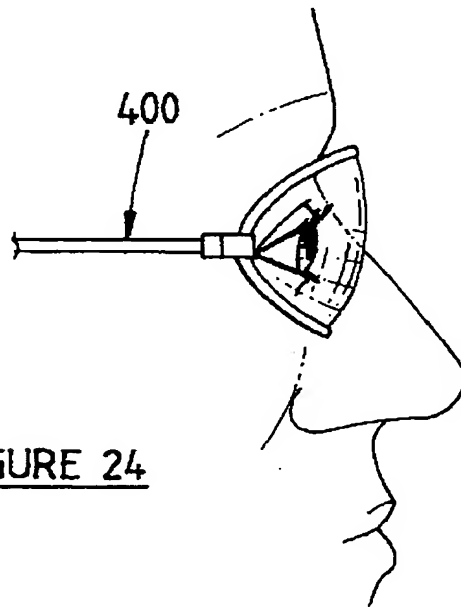


FIGURE 24

(66)

【図25】

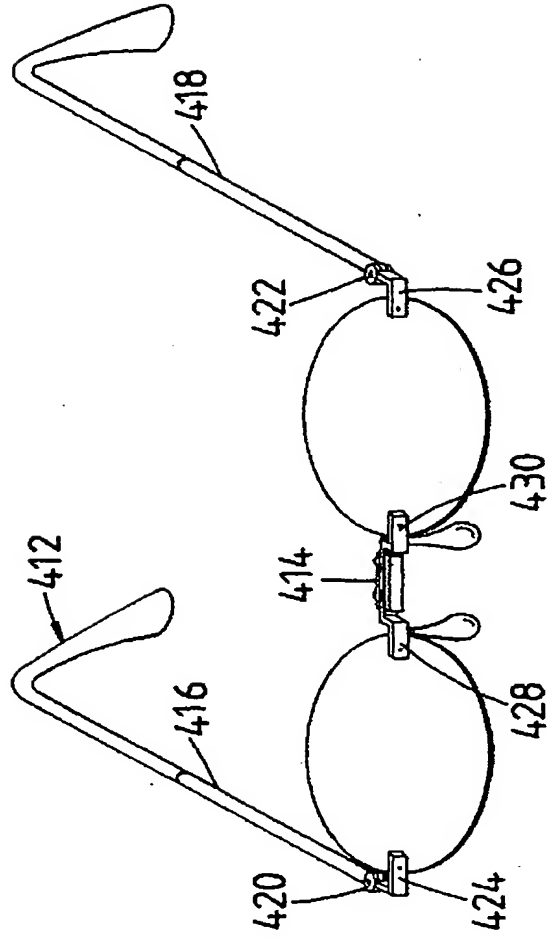


FIGURE 25

【図25(a)】

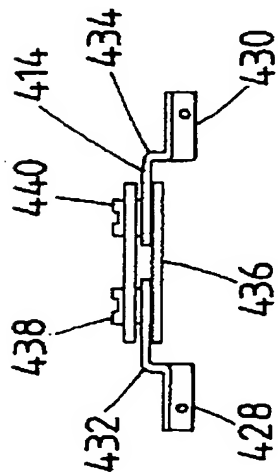


FIGURE 25(a)

(67)

【手続補正書】特許協力条約第19条補正の翻訳文提出書

【提出日】平成11年8月24日(1999. 8. 24)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 アイウェアに取付けるように適合されたレンズ素子であって、前記レンズ素子は約35mm未満の曲率半径を有する球状面を有し、前記レンズ素子は、前記レンズ素子の曲率中心が目の回転中心に置かれるように位置づけられるように適合され、前記レンズ素子は前方向の視線から側頭方向に 5° よりも広い視界を提供するよう十分に大きく、少なくともおよそ+4Dから-6Dまでの透視度数を有する、レンズ素子。

【請求項2】 前記レンズ素子が、少なくともおよそ+2Dから-2Dである透視度数と、およそ同じ曲率半径とを有する一連のレンズ素子から選択された単一視野レンズ素子である、請求項1に記載のレンズ素子。

【請求項3】 一連の眼科レンズ素子であって、前記各レンズ素子は、使用位置において目の回転中心とおよそ同心状に配置された球状表面と、25mmから50mm±約1mmの範囲において前記一連のものに関して選択された本質的に1つの値である、およそ同じ曲率とを有し、前記一連のレンズ素子はさまざまな共通の処方透視度数を有する、一連の眼科レンズ素子。

【請求項4】 前記レンズ素子が、少なくともおよそ+4Dから-6Dまでの透視度数を有する、請求項3に記載の一連の眼科レンズ素子。

【請求項5】 前記一連のレンズ素子が、裏面を有するレンズブランクまたはエッジ加工されたレンズであり、これにより、前記レンズ素子には処方された非点収差矯正と透視度数とが付与される、請求項3または4に記載の一連の眼科レンズ素子。

【請求項6】 前記裏面がバレルトロイドとドーナツトロイドとの間にあり

(68)

、前記バレルトロイドおよびドーナツトロイドはいずれも、同じ主メリジアンと、前記主メリジアンに沿った同じ度数とを有する、請求項 3 から 5 のいずれかに記載の一連の眼科レンズ素子。

【請求項 7】 前記主メリジアンからずれた任意の点にある前記裏面の面非点収差が、前記同じ点におけるバレルトロイドまたはドーナツトロイドの前記面非点収差のうち大きい方よりも小さい、請求項 6 に記載の一連の眼科レンズ素子。

【請求項 8】 前記裏面が、前記裏面の任意の点における前方平行面からの前記レンズ素子の面高さ Z が、バレルトロイド Z_B の高さと、前記ドーナツトロイドの高さとを直線状に組合せたものであり、 Z は Z_B および Z_T の値によって制限される、請求項 5 に記載の一連の眼科レンズ素子。

【請求項 9】 前記バレルトロイドおよび前記ドーナツトロイドの各々が、使用者のシリンダ処方によって規定される主メリジアンを有する、請求項 6 から 8 のいずれかに記載の一連の眼科レンズ素子。

【請求項 10】 任意のメリジアンに沿った前記レンズ素子の裏面の断面が円形である、請求項 5 に記載の一連の眼科レンズ素子。

【請求項 11】 前記各円形メリジアンの曲率が、処方によって付与される従来のトーラスの中心における、対応するメリジアンの瞬間曲率に等しい、請求項 10 に記載の一連の眼科レンズ素子。

【請求項 12】 前記裏面の非点収差矯正が面高さ関数 $z(r, \theta)$ によって与えられ、

【数 1】

$$z(r, \theta) = R(\theta) - \sqrt{R(\theta)^2 - r^2}$$

であり、ただし

$$R(\theta) = \frac{R(0) R(90)}{R(0) \sin^2 \theta + R(90) \cos^2 \theta}$$

は θ メリジアンに沿った曲率半径であり、

【数 2】

(69)

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

であり、

値R(0)およびR(90)は、前記主メリジアンに沿った曲率半径である、請求項10に記載の一連の眼科レンズ素子。

【請求項13】 前記裏面が前記表面とともに、0でない透視度数を提供し、前記裏面は下記の式によって規定される、請求項5に記載の一連の眼科レンズ素子。

【数3】

$$z = \sum_{k=0,2,\dots}^n \sum_{j=0,2,\dots}^k C_{k-j,j} x^{k-j} y^j$$

【請求項14】 2mm以下の長さしか異ならない半径を有する2つの同心球体によって規定された球状シェル内に置かれた面を有する眼科レンズ素子であって、前記半径のうち短い方の長さは50mmしかなく、前記面のエッジ上の少なくとも2つの点OおよびQは、前記シェルPの中心に対して80°よりも大きな角度OPQだけ延びる、眼科レンズ素子。

【請求項15】 前記半径のうち短い方が、およそ25mmと35mmとの間である、請求項14に記載の眼科レンズ素子。

【請求項16】 前記面が、約33mm±約2mmの半径を有する、請求項14または15に記載の眼科レンズ素子。

【請求項17】 前記半径の長さの差が約0.1mm以下である、請求項14から16のいずれかに記載の眼科レンズ素子。

【請求項18】 前記角度OPQが90°よりも大きい、請求項14に記載の眼科レンズ素子。

【請求項19】 前記角度OPQが100°よりも大きい、請求項18に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 20】 前記面が前記レンズ素子の表面であり、裏面は、前記レンズ素子に $\pm 4\text{ D}$ から -6 D である選択された透視度数と、選択された非点収差矯正とが付与されるように構成される、請求項 14 から 19 のいずれかに記載の眼科レンズ素子。

【請求項 21】 前記レンズ素子が、アイウェアが使用されたときにおよそ目の回転中心に前記シェルの中心が置かれるように前記アイウェアに取付けられる、請求項 14 から 20 のいずれかに記載の眼科レンズ素子。

【請求項 22】 窩視野に対して、目の回転角度が 30° 未満の場合に二乗平均度数誤差が $3/8\text{ D}$ 未満である、請求項 14 から 21 のいずれかに記載の眼科レンズ素子。

【請求項 23】 前記窩視野に対して、目の回転角度が 40° 未満である場合に二乗平均度数誤差が $1/2\text{ D}$ 未満である、請求項 22 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 24】 前記窩視野に対して、前記目の回転角度が 40° よりも大きく 50° よりも小さい場合に二乗平均度数誤差が $3/4\text{ D}$ 未満である、請求項 23 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 25】 前記目が回転して側頭方向に 30° の角度で固定される周辺視野に対して、その固定位置の $\pm 5^\circ$ の角度において二乗平均度数誤差が $3/8\text{ D}$ 未満である、請求項 14 から 21 のいずれかに記載の眼科レンズ素子。

【請求項 26】 前記目が回転して側頭方向に 30° の角度で固定される周辺視野に対して、その固定位置の $\pm 10^\circ$ 角度において二乗平均度数誤差が 0.65 D 未満である、請求項 25 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 27】 前記目が回転して側頭方向に 30° の角度で固定される周辺視野に対して、その固定位置の $\pm 30^\circ$ の角度において二乗平均度数誤差が 1.0 D 未満である、請求項 26 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 28】 目の回転中心とおよそ同心状に配置された球状表面を含み、前記球状表面は 16 D ±およそ $1/2\text{ D}$ のベースカーブを有し、目の回転のおよそ 40° にわたって比較的低い二乗平均度数誤差を示す、眼科レンズ素子。

【請求項 29】 窩視野に対して、目の回転角度が 30° 未満である場合に

(71)

二乗平均度数誤差が $3/8$ D 未満である、請求項 28 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 30】 窩視野に対して、目の回転角度が 40° 未満である場合に二乗平均度数誤差が $1/2$ D 未満である、請求項 29 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 31】 窩視野に対して、目の回転角度が 40° よりも大きく 50° 未満である場合に、二乗平均度数誤差が $3/4$ D 未満である、請求項 30 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 32】 目が回転して側頭方向に 30° の角度で固定される周辺視野について、 $\pm 5^\circ$ の角度の固定位置において前記二乗平均度数誤差が $3/8$ D 未満である、請求項 28 に記載の眼科レンズ素子。

【請求項 33】 1 対の眼科レンズを含む処方アイウェアであって、各レンズは球体を含み、前記球体はそれぞれの目の回転中心におよそ中心づけられたおよそ 35 mm 以下の平均半径を有する前記レンズのエッジまで延び、少なくともおよそ 8 mm の最大中空深さを有する、処方アイウェア。

【請求項 34】 前記各レンズの最大中空深さが少なくともおよそ 10 mm である、請求項 33 に記載のアイウェア。

【請求項 35】 前記各レンズの表面が、 35 mm 以下の曲率を有する略球体であり、裏面は、少なくともおよそ $+4\text{ D}$ から -6 D の選択された透視度数と処方された非点収差矯正とがレンズに付与されるように構成される、請求項 33 または 34 に記載のアイウェア。

【請求項 36】 前記アイウェアはフレームをさらに含み、前記各レンズは、共通に処方された透視度数と非点収差矯正とが付与された一連のレンズから選択され、前記一連のものにおける各素子の曲率半径は、同じ眼鏡フレームにおいて前記一連のもののうちいずれの素子を使用してもよいように十分に類似する、請求項 33 に記載のアイウェア。

【請求項 37】 前記レンズの両方の曲率半径が約 33 mm である、請求項 33 から 36 のいずれかに記載のアイウェア。

【請求項 38】 一連のマイナス度数眼科レンズ素子であって、前記素子は、わずか 2 mm の厚さと、 50 mm 以下の半径とを有する球状シェル内に置かれ、前記一連のレンズ素子の厚さは、度数の絶対値の大きさとともにこれらの幾何

(72)

学的中心で増加する、一連のマイナス度数レンズ。

【請求項39】 前記素子が、下記の関数によって与えられる厚さ t をその中心に有し、

【数4】

$$t = -\frac{ndF_v}{F_l(1-dF_v)}$$

ただし n はレンズ材料の屈折率であり、 d はレンズの裏面から目の瞳孔への入口までの距離であり、 F_v は裏面光学度数であり、 F_l は下記の式によって規定される表面光学度数である、

【数5】

$$F_l = \left(\frac{n-1}{r} \right)$$

請求項38に記載の一連のマイナス度数レンズ。

【請求項40】 目の回転中心におよそ中心づけられた略球状曲率を有するレンズを含む処方アイウェアであって、前記レンズは軌道領域の鼻マージンから前記軌道領域の側頭マージンまで水平方向に延び、前記レンズは瞳が邪魔にならないようにする凹状の裏面を有し、前記レンズの側頭から鼻エッジまでの透視度数は処方度数から0.5D以下しか変化しない、処方アイウェア。

【請求項41】 処方アイウェアを提供するための方法であって、
 レンズ素子を提供するステップを含み、前記レンズ素子は、
 およそ2mmよりも小さな厚さを有し、およそ35mm以下の半径を有する球状シェルの内に置かれた表面と、

前記レンズ素子が処方された透視度数と処方された非点収差矯正とを有するように構成された裏面とを有し、前記方法はさらに、

前記球状シェルの中心がおよそ前記目の回転中心に置かれるように使用者に対

(73)

してレンズ素子を位置づけるステップを含む、方法。

【請求項42】 前記レンズ素子が、前記処方された透視度数を含む種々の透視度数を有する一連のレンズ素子に共通の球状シェルの半径に対応する標準アパーチャーを有するフレームに、前記レンズ素子を嵌めることにより、位置づけられる、請求項41に記載の方法。

【請求項43】 前記レンズ素子が裏面を備え、前記裏面は、その原点を通過する任意のメリジアンに沿った円形断面を有し、前記メリジアンに沿ったその曲率は等価的な従来の円環状レンズ(toric)の中心曲率と同一である、請求項37に記載の方法。

【請求項44】 一連の眼科レンズに使用するのに適する眼鏡フレームであって、およそ25mmと35mmとの間の半径Rを有する球状面を有し、前記一連のものの各レンズは同じRの値を有し、前記レンズはさらに、前記球状面に関連して共通の処方範囲を提供するように選択された第2の面を有し、前記フレームは使用位置において左右レンズを支持し、それにより、前記球状面の中心がおよそ左目および右目の回転中心にそれぞれ置かれるようになる、眼鏡フレーム。

【請求項45】 テンプル部品と前記左右レンズに係合するための縁部分とを含み、前記各レンズに係合する前記縁部分は、前記球状面の半径におよそ等しい半径を有する球体の面上に置かれる閉曲線の形状で形成される、請求項44に記載の眼鏡フレーム。

【請求項46】 前記閉曲線の鼻の最端部の点と側頭の最端部の点とが、前記球状面の中心に頂点が置かれた状態で90°よりも大きなアーチとして延びる、請求項45に記載の眼鏡フレーム。

【請求項47】 左テンプル部品と、右テンプル部品と、ノーズブリッジとを含む、請求項44から46のいずれかに記載の眼鏡フレーム。

【請求項48】 前記ノーズブリッジが、前記目の中心に前記球状面の中心を位置づけるよう前記レンズ間の隔たりを水平方向に調節できるようにする調節可能な長さを有する、請求項47に記載の眼鏡フレーム。

【請求項49】 前記テンプル部品を支持するための蝶番をさらに含み、前記蝶番は前記それぞれのレンズの側頭エッジにおいて前記球状面に装着されるよ

(74)

うに適合される、請求項48に記載の眼鏡フレーム。

(75)

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/AU 99/00399

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
Int Cl ⁶ : G02C 7/02		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC : G02C 7/02		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched AU : IPC as above		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) WPAT) "sphere" JAPIO)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0446698 A (BEZALEL RESEARCH AND DEVELOPMENT LTD) 18 September 1991 See claims and page 2 lines 15-27	
A	WO 97/21139 A (OAKLEY, INC) 12 June 1997 See page 7 lines 1-6	
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex		
<p>" Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 1 July 1999		Date of mailing of the international search report 08 JUL 1999
Name and mailing address of the ISA/AU AUSTRALIAN PATENT OFFICE PO BOX 200 WODEN ACT 2606 AUSTRALIA Facsimile No.: (02) 6285 3929		Authorized officer F.C. PEARSON Telephone No.: (02) 6283 2195

(76)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.
PCT/AU 99/00399

This Annex lists the known "A" publication level patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The Australian Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent Document Cited in Search Report				Patent Family Member			
EP	446698	CA	2037128	IL	93557	JP	6067121
		US	5094520				
WO	97/21139	AU	10875/97	AU	11279/97	AU	11458/97
		BR	9607393	BR	9607424	CA	2212341
		CA	2212656	EP	808475	EP	813697
		US	5648832	WO	97/21136	WO	97/21138
		US	5689323				

フロントページの続き

(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW

- (72) 発明者 ペラット, コリン・モーリス
オーストラリア、5251 サウス・オーストラリア州、マウント・バーカー、フラクセリー・ロード (番地なし)
- (72) 発明者 エドワーズ, サイモン・ジェイ
オーストラリア、5069 サウス・オーストラリア州、セント・ピーターズ、ナイン・ス・アベニュー、43
- (72) 発明者 スプラット, レイ・スティーブン
アメリカ合衆国、94954 カリフォルニア州、ペタルーマ、アドブ・クリーク・ドライブ、1848